# Untersuchungen an Foraminiferen.

## I.

## Calcituba polymorpha. Roboz.

(Aus dem zoolog. Institut zu Berlin.)

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VON DER PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

GENEHMIGT

UND

NEBST DEN BEIGEFÜGTEN THESEN

OEFFENTLICH ZU VERTHEIDIGEN

am 3. März 1894

von

**Fritz Schaudinn**

aus Roeseningken (Ost-Pr.).

OPPONENTEN:

Hr. Cand. phil. Th. H. Montgomery.
- Dr. phil. F. Purcell.
- Dr. phil. R. Lucas.

BERLIN.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstrasse 158.

Seiner theuren Mutter

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535723_0260

# Einleitung.

In der ausgezeichneten Bearbeitung der Foraminiferen von Max Schultze (14) wurden zum ersten Male die wichtigsten Organisationsverhältnisse dieser Protozoen in mustergiltiger Weise dargestellt, und es ist bisher nicht gelungen, einen wesentlichen Irrthum in dem Werke dieses Forschers aufzufinden; vielmehr gilt „der Organismus der Polythalamien“ noch heute als Grundlage unserer Kenntnisse von der Foraminiferenorganisation. Nur bezüglich der Fortpflanzung und der Kernverhältnisse musste Max Schultze eine Lücke in seiner Bearbeitung lassen, die trotz der Bemühungen zahlreicher Forscher bisher noch nicht in genügender Weise ausgefüllt ist.

Obwohl es gewagt erscheint, mitten im Binnenlande die Organisation von Meeresorganismen, und im Besonderen ihr Leben und ihre Fortpflanzung zu studiren, habe ich trotzdem auf den Rath meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Geheimrath Prof. Dr. F. E. Schulze, die Untersuchung von Foraminiferen begonnen, in der Absicht, vielleicht einen kleinen Beitrag zur Ausfüllung der oben erwähnten Lücke zu liefern.

Wenn es mir gelungen ist, bei einigen Foraminiferen die Fortpflanzung und Entwicklung direct zu beobachten, so verdanke ich dies vor allem dem Umstande, dass mir durch das hiesige kgl. zoologische Institut ein überaus reiches Material an lebenden und conservirten Thieren zur Verfügung gestellt wurde und in der liebenswürdigsten Weise jede Unterstützung bei meinen Untersuchungen gewährt wurde.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Geheimrath Prof. Dr. F. E. Schulze, bin ich nicht nur für die Ueberlassung dieser Hilfsmittel, sondern auch besonders für die mir im reichsten Maasse erwiesene Anregung und Belehrung zu aufrichtigem Dank verpflichtet. Auch Herrn Prof. C. Heider und Herrn Dr. von Mährenthal spreche ich für das meinen Untersuchungen entgegengebrachte Interesse meinen herzlichsten Dank aus.

Bisher hatte ich Gelegenheit, die Fortpflanzung und die Kernverhältnisse bei Repräsentanten folgender Gattungen zu ermitteln: Gromia, Calcituba, Miliolina, Peneroplis, Ammodiscus, Textularia, Discorbina, Planorbulina, Patellina, Polystomella. Doch sind bereits auch andere Formen in Beobachtung genommen.

In ähnlicher Weise, wie dies in dem hier vorliegenden ersten Theil meiner Untersuchungen mit Calcituba geschehen ist, werden auch meine an den andern Formen gewonnenen Resultate mitgetheilt werden.

# Die Lebensgeschichte und Organisation von Calcituba polymorpha Roboz.

## Material.

Calcituba polymorpha wurde aus Aquarien des Grazer zoologischen Instituts im Jahre 1883 durch Zoltán v. Roboz (11) beschrieben und konnte die Identität meines Materials mit den damals beschriebenen Organismen um so leichter constatirt werden, als Herr Geheimrath Professor Dr. Schulze, der damals Leiter des zoologischen Instituts in Graz war, mir Originalpräparate aus seinem Privatbesitz zum Vergleich freundlichst zur Verfügung stellte. Dieser Rhizopode wurde immer, sowohl in Graz, wie hier in Berlin in Aquarien gefunden, die mit Wasser und Schlamm aus der Adria gespeist waren. Die hiesigen Aquarien, die mir zur Verfügung standen, hatten ihre Füllung ausschliesslich durch die zoologische Station in Rovigno erhalten und kann ich daher als Herkunftsort meiner Exemplare die Adria bei Rovigno angeben. Ueberdies habe ich bei jeder Sendung lebender Foraminiferen aus Rovigno einige Calcitubaschalen auf den beigegebenen Ulven gefunden. Das Vorkommen der Thiere ist, wie es scheint, an grössere Algen geknüpft, wie Ulven oder flächenhaft ausgebreitete Filzwerke von Fadenalgen. Meine Culturen gediehen am besten in einem Glase, dessen Wände mit einem dichten, zusammenhängenden Filzwerk von Fadenalgen aus der Gruppe der Siphoneen bedeckt waren. Diese Algen sind durch Entwicklung eines intensiven Veilchen-

geruchs ausgezeichnet, der bei lebhafter Assimilation, an der Sonne am stärksten ist. Zwischen der Glaswand und diesem Algengeflecht, auf letzterem festsitzend, gediehen die Calcituben ausgezeichnet und vermehrten sich stark, so dass ich während der ganzen Dauer meiner Untersuchung über reiches Material verfügte.

Die Beobachtungen über das Leben, Wachsthum und die Fortpflanzung wurden nur ermöglicht durch Anwendung des von F. E. Schulze construirten Horizontalmikroskops, auf dessen grosse Bedeutung für die Protozoenuntersuchung ich schon früher hingewiesen habe (13).

Die Fixirung der Thiere zum Zweck der genaueren Untersuchung ihrer Organisation erfolgte mit 1% Osmiumsäure oder mit einer Mischung von wässriger Sublimatlösung mit absolutem Alkohol im Verhältniss 1 : 2. Diese beiden Mittel sind die einzigen, welche sich nach langem vergeblichen Suchen als geeignet erwiesen haben. Die Entkalkung der Schale wurde mit schwach salzsaurem 63% Alkohol bewirkt. Als vorzüglichste Kernfärbemittel haben sich Grenacher's Boraxcarmin und Haematoxylin gezeigt; ersteres für Totalpräparate, letzteres für Schnittfärbung. Die Objecte wurden 24 Stunden im Wärmeofen in der Farbe belassen und dann mit salzsaurem Alkohol ausgezogen, bis die Kerne genügend differencirt waren. Als Einbettungsmittel wurde Canadabalsam, in Xylol gelöst, und für die mit Haematoxylin gefärbten Schnittserien essigsaures Kali gewählt. Die Einbettung der Objecte zum Schneiden geschah in Paraffin.

Die Untersuchung der feineren Bauverhältnisse des Plasmas, der Schale und der Kerne erfolgte mit den besten optischen Hilfsmitteln, den homogenen apochromatischen Objectiven 2 mm Brw. Ap. 1,30 und den Compensationsocularen 4, 6, 8, 12 von Zeiss. Zur Beleuchtung wurde ein vertical verstellbarer Abbé'scher Beleuchtungsapparat mit Irisblende benutzt.

## Biologisches, Wachsthum und Fortpflanzung.

Calcituba ist eine festsitzende, kalkschalige, gekammerte Foraminifere, deren Hauptcharakter, im Gegensatz zu den meisten übrigen Polythalamien, das Fehlen einer constanten Schalenform ist. Die durch unvollständige Scheidewände getrennten Kammern stellen Röhren dar, die nicht nur in Grösse und Gestalt sehr variiren, sondern auch in der verschiedensten Weise an einander geordnet sind. Die Kammerwände sind imperforirt, und es communicirt der Weichkörper nur durch einfache, grosse Oeffnungen an den Enden der Röhren mit der Aussenwelt.

Als ich das oben beschriebene Gefäss erhielt, fanden sich nur unten, in der Nähe des Bodens eine Anzahl lebender Individuen. Die Stelle, auf der sie sassen, war in einer unregelmässig kreisförmigen Fläche von Algen ganz gesäubert; der Durchmesser dieser Stelle betrug ungefähr 2 cm. In der Mitte des Kreises, auf der nackten Glaswand, sassen nur wenige Exemplare, um so dichter waren sie aber auf der Peripherie gedrängt, wo sie zum grössten Theil auf den Algen befestigt waren. Die Einzelthiere schienen in diesem dichten Kranz eine bestimmte Anordnung zu haben, wenigstens lagen sehr viele, gerade wie verästelte, in der Richtung der Radien des Kreises. Die Gestalt der einzelnen Individuen war sehr verschieden, kugel-, birn-, röhrenförmig, verästelt, ganz unregelmässig durch einander geknäuelt, kurz, man konnte sicher sein, unter zehn Thieren auch nicht ein Paar gleich gestaltete zu finden. Bezüglich der äusseren Morphologie der Schale verweise ich auf die Arbeit von Zoltán von Roboz, in der dieser Gegenstand ziemlich eingehend behandelt wird.

Das Plasma, welches die Kammern oft nicht ganz erfüllt, ist intensiv rothbraun gefärbt und schimmert daher auch bei auffallendem Licht durch die nur dünne Kalkschale durch. Die leeren Stellen erscheinen, wohl weil der Kalk krystallinisch ist, schön azurblau, und es

gewähren die roth, blau und weiss schimmernden zierlichen Röhren auf dem grünen Untergrunde im Spiel der Sonne einen wundervollen Anblick.

Bei der Untersuchung mit dem Horizontalmikroskop zeigte es sich, dass aus den grossen Mündungen der Schale an vielen Stellen Pseudopodien ausgesandt wurden. Meistens ist ein Theil des Plasmas vor die Oeffnung in Gestalt eines Klumpens herausgeflossen und von ihm strahlen dann erst die sehr zahlreichen feinen Pseudopodien aus, die sich in nichts von denjenigen der anderen Foraminiferen unterscheiden. Die Körnchenströmung ist lebhaft, auch die Neigung zur Anastomosenbildung in hohem Grade vorhanden. Die grösste beobachtete Länge der Pseudopodien betrug ungefähr 2 cm, gewöhnlich sind sie jedoch sehr kurz, was natürlich von der Nähe der Nahrungsstoffe abhängt, da sie nur zum Herbeischaffen derselben und nicht zur Locomotion dienen. Niemals habe ich bemerkt, dass Algenfäden in das Innere der Schale gezogen wurden, obwohl es bei der grossen Weite der Mündung mit Leichtigkeit hätte geschehen können. Vielmehr zogen die Pseudopodien die Nahrungsstoffe aus der Umgebung in den vor der Oeffnung liegenden Plasmahaufen, der nicht nur diese herzugetragene Nahrung, sondern auch seine Unterlage verdaut; und so gründlich geschieht dies, dass auch nicht eine Spur des an manchen Stellen 1 bis $1^1/_2$ mm dicken Algenfilzes übrig bleibt. In der Nähe der Mündung finden sich dann meistens noch spärliche Reste der Mahlzeit, in Form von Cellulosefetzen und die Excrete, jene scharf conturirten Körner, die als Inhaltsgebilde des Rhizopodenplasmas schon so häufig beschrieben sind.

Bei reichlicher Nahrung wird der Plasmaklumpen vor der Mündung allmählich grösser und rückt überdies, um neue Nahrung zu gewinnen, vor An seinem hinteren Theil, wo er an die Schalenöffnung grenzt, wird immer neue Schalensubstanz — Kalk mit chitinöser Grundlage — abgesondert. Dass diese Kalkschale sich der Gestalt des Plasmaklumpens anschmiegt, ist selbstverständlich

und da der letztere die mannigfaltigsten Formen annehmen kann, ist dadurch die Fülle der verschiedenen Schalengestalten bedingt.

Doch nicht fortwährend nehmen die Thiere Nahrung auf und bilden neue Substanz; es finden auch Ruhepausen statt, die oft ganz beträchtliche Zeit dauern können; so habe ich Individuen beobachtet, die eine ganze Woche keine Pseudopodien aussandten, dann aber wieder Nahrung aufnahmen. Während dieser Ruhestadien ist der oben beschriebene Plasmaklumpen sammt den Pseudopodien mehr oder minder tief in die Schale zurückgezogen. Häufig wird eine dünne chitinöse Schicht, die sich durch scharfe Conturen und gelbe Farbe vom Plasma abhebt, an der freien Oberfläche des zurückgezogenen Plasmas als eine Art von Deckel abgeschieden. Wenn dann wieder Pseudopodien ausgesandt werden, so wird das Häutchen in der Mitte, wo es am dünnsten ist, durchbrochen und es beginnt das Wachsthum und damit die Schalenbildung von Neuem. Mit der Bildung dieses Häutchens ist gleichzeitig die Entstehung der Kammerscheidewände einfachster Art erklärt. Die freien Ränder derartiger Scheidewände zeugen meist noch durch ihre unregelmässigen zerrissenen Conturen von dem gewaltsamen Durchbruch der Pseudopodien. In anderen Fällen kann man beobachten, dass im Ruhestadium das Plasma an der Mündung sich kalottenförmig abrundet. Von dem Rand der Mündung aus wird dann auf der Oberfläche noch etwas Schalensubstanz abgeschieden, die nach der Mitte der Mündung zu allmählich dünner wird, bis im Centrum nur noch die sogenannte chitinöse Schalenbasis übrig bleibt.

Beim Ausfliessen des Plasmas wird das Häutchen in der Mitte zerstört, und es entsteht eine stark verengte Mündung mit scharfem Rande. Der die neue Kammer bildende Plasmaklumpen besitzt einen grösseren Durchmesser als die verengte Mündung der alten. Daher erscheint dann die auf diese Art entstandene Kammerscheidewand als tiefe Einschnürung der Schale. Und

wenn das Plasma nach hinten über die Wand der alten Kammer zurückfliesst und dann die neue bildet, so macht es den Eindruck, als ob in die letztere die Spitze der alten Kammer hineingesteckt wäre. Die Scheidewände stehen in diesem Fall schräg nach vorne auf den Kammerwänden. Die Stärke des Wachsthums und damit der Kalkabsonderung wechselt, wahrscheinlich nach der Art und dem Reichthum der Nahrung. Doch habe ich durchschnittlich als Bildungszeit einer Kammer von mittlerer Grösse drei Tage gefunden.

Schon beim Beginn meiner Beobachtungen waren mir auf dem Algenflechtwerk grosse, nackte Klumpen rothen Plasmas aufgefallen, doch konnte ich dieselben nicht mit Calcituba in Zusammenhang bringen, da sie garnicht in der Nähe derselben sassen und häufig sehr gross waren. Vielmehr glaubte ich einen neuen Rhizopoden vor mir zu haben, da diese Organismen zahlreiche Pseudopodien aussandten und ziemlich lebhaft auf den Algen umherkrochen.

Durch andere Arbeiten verhindert, musste ich die continuirliche Beobachtung der Calcituba eine kurze Zeit unterbrechen. Als ich dann wieder nachsah, war 5 cm von dem alten Calcitubakranz ein neuer Herd oder vielmehr, wie es sich herausstellte, ein einziges, grosses Individuum entstanden. Die Algenlage war unversehrt und auf ihr sass die sehr grosse Calcituba mit vielen Kammern, die alle von einem Mittelpunkt ausgingen. Bei näherer Untersuchung erkannte ich, dass im Centrum eine mehrfach verästelte Kammer von enormer Grösse lag und von ihr gingen nach allen Seiten die ebenfalls vielfach meist dichotomisch verästelten Kalkröhren aus. Die Grösse der centralen Kammer und ihre Entfernung vom alten Kranz liess nun die Vermuthung aufkommen, dass die vorhin beschriebenen rothbraunen Plasmamassen in irgend einer Beziehung zu dem ganzen Vorgang stehen müssten; denn das eins der beschalten Individuen so weit gewandert sei, war schwer denkbar, da ich niemals eine Bewegung an ihnen bemerkt hatte.

Ich wandte daher meine ganze Aufmerksamkeit den Plasmodien zu und hatte auch bald die Freude, ein sternförmiges Individuum aus ihnen entstehen zu sehen. Um ganz sicher zu sein, isolirte ich mehrere Plasmaklumpen, indem ich sie auf Fetzen des Algenfilzes legte und diese in flache Schalen mit Meerwasser vertheilte. Auch hier fingen einige der Plasmodien nach kurzer Zeit an, Schalensubstanz an der Oberfläche abzuscheiden. Bei auffallendem Licht erscheint das Thier dann mit einem feinen, weissen Niederschlag bedeckt; der Kalk wird also in Form feiner Körnchen ausgeschieden; ob zuerst diese Körnchen oder das organische Häutchen abgeschieden wird, konnte ich nicht ermitteln, da das letztere erst, wenn es eine gewisse Dicke erreicht hat, scharf vom Plasma zu unterscheiden ist, während der Kalkbelag auch in feinster Vertheilung bei auffallendem Licht auf dem dunkelrothbraunen Grunde zu erkennen ist. (cfr. hierüber den Abschnitt über die feinere Structur der Schale.) Die erste Abscheidung der Schale erfolgt in einem Ruhestadium, d. h. wenn keine Pseudopodien ausgesandt werden. Vor dem Beginn der Schalenbildung sind die Gestaltveränderungen des Plasmodiums, wie es sich bei einem nackten Plasmaklumpen denken lässt, sehr mannigfaltig, und kann man die abenteuerlichsten Formen beobachten.

Nachdem das Plasmodium eine Zeit lang umhergewandert ist, zieht es seine Pseudopodien ein, rundet sich ab und es beginnt die Schalenabscheidung. Die kleinsten Plasmodien nehmen Kugelgestalt an, grössere haben bruchsackartige Ausstülpungen, kurz es herrscht auch hier die grösste Mannigfaltigkeit. Von besonderem Interesse ist die Thatsache, dass die aus kleinen kugligen Plasmodien entstehenden Centralkammern nicht selten in ihren jüngsten Entwicklungsstadien die Spuren eines spiraligen Wachsthums zeigen. Nachdem sich nämlich die Oberfläche der Kugel mit Schalensubstanz bedeckt hat, bricht an einer Stelle das Plasma diese Bedeckung durch, fliesst heraus und lagert sich in Form eines rundlichen Stranges

auf die Oberfläche der Kugel; derartige Stadien besitzen eine auffallende Aehnlichkeit mit jungen zweikammrigen Milioliden, wie sie Max Schultze (15 Taf. VI. Fig. 2) abbildet. Ich kann daher v. Roboz vollkommen beistimmen, wenn er Calcituba auf Grund der Schalenmorphologie in die Abtheilung der Milioliden stellt. Es dürfen die nächsten Verwandten wohl in der Gattung Nubecularia zu finden sein. Von den bekannten Arten dieser Gattung zeigt Nubecularia tibia P. u. I. in der Kammerung und Art des Wachsthums am meisten Aehnlichkeit mit Calcituba (cf. 1. Taf. 1).

Mehrmals habe ich gefunden, dass die den Algen aufliegende Fläche des Plasmodiums keinen Kalk abschied; und dieses grosse Loch in der Schale blieb bestehen, bis die ganze Unterlage verzehrt war. In manchen Fällen dauert es überhaupt sehr lange bis die Schalenbildung beginnt; ja sie kann ganz unterbleiben. Ich besitze ein Plasmodium, welches vor 3 Monaten isolirt wurde und noch immer nackt ist. Am Anfang wurde hier und da auf der Oberfläche an Stellen, wo gerade keine Pseudopodien gebildet wurden, eine dünne continuirliche Schalenschicht gebildet; aber am folgenden Tage hatten die Pseudopodien wieder das Häutchen zerstört. Dann hörte die Ausscheidung ganz auf und das Thier frass sich allmählich tief in ein dickes Algenpolster hinein, das seine Unterlage bildete. Die Lebensfähigkeit des Organismus hat bisher noch nicht gelitten, vielmehr hat er beträchtlich an Grösse zugenommen und seine Höhle bedeutend vertieft und erweitert. An den Rändern des Lochs sind reichliche Mengen von Celluloseresten und Excretkörnern angehäuft.

Der Umstand dass ein Jugendstadium einer Foraminifere so lange Zeit als selbstständiger Organismus lebt legt den Gedanken nahe, dass manche zweifelhaften oder wenig bekannten marinen Rhizopoden sich bei anhaltender Beobachtung ihres Lebens nur als Entwicklungsstadien anderer schon bekannter Formen ausweisen werden. Für die von mir beschriebene Myxotheca (13) habe ich diese

Möglichkeit in einem Zusatz zu der betreffenden Mittheilung ausgesprochen. In der That besitzt Myxotheca in der Mannigfaltigkeit der Gestaltung und der Variabilität der Schalenbildung genug Vergleichspunkte mit unserm Plasmodium, um die Anschauung, dass erstere nur ein Entwicklungsstadium einer Foraminifere ist, nicht unmöglich erscheinen zu lassen. Unter diesen Gesichtspunkten gewinnt folgende Beobachtung, die ich einmal an einem Calcitubaplasmodium machen konnte, besonderes Interesse. Dasselbe war sehr gross und hatte sich in die Länge gestreckt, sodass seine Gestalt am besten wurstförmig genannt werden konnte. An den beiden Enden wurden zahlreiche Pseudopodien ausgesandt, die sich ganz allmählich in entgegengesetzter Richtung ausbreiteten. Durch diesen Zug der Pseudopodien wurde der Körper in der Mitte immer dünner; das Plasma floss nach den beiden entgegengesetzt liegenden Ernährungscentren hin. Schliesslich riss der Verbindungsstrang in der Mitte durch und die beiden durch Theilung entstandenen Plasmodien entfernten sich immer mehr von einander. Ich bin fest davon überzeugt, dass jeder Zoologe, der einen solchen Organismus etwa aus Grundproben erhält und seine Fortpflanzung durch Theilung beobachtet, daraufhin eine neue Art begründen wird. Dieses Beispiel zeigt deutlich, wie schwierig bei so niederen Organismen die Abgrenzung einer Species ist, wenn man nicht ihren ganzen Zeugungskreis kennt. Ich will noch erwähnen, dass ich mehrmals mit dem Messer Plasmodien in zwei Theile schnitt, oder dass beim Herausholen mit dem Glasrohr grosse Plasmodien in mehrere Stücke zerfielen. Alle grösseren, kernhaltigen Theilstücke entwickelten sich ebenso, wie die ganzen, unversehrten Plasmodien zu Calcituben.

Soviel über die Plasmodien selbst; nun galt es noch, ihre Herkunft zu ermitteln. Dies wollte mir lange Zeit nicht glücken, obwohl ich überall und besonders zahlreich auf dem ganz von Algen befreiten Boden des Gefässes, die schon mit blossem Auge sichtbaren Gebilde fand. Endlich nachdem ich das Horizontalmikroscop schon eine

ganze Woche auf ein besonders grosses beschaltes Individuum in der Mitte des zu Anfang beschriebenen Kranzes eingestellt hatte, gelang es mir, den Vorgang direct zu beobachten. Aus einer der grossen Mündungen floss fast sämmtliches Protoplasma, bis auf einen kleinen kuglig zusammengeballten Theil in einer der hintersten Kammern, heraus und zwar geschah dies unter lebhafter Pseudopodienbildung. Es hatte der ganze Vorgang eine grosse Aehnlichkeit mit der gewöhnlichen Art der Nahrungsaufnahme, nur dass der Plasmahaufen vor der Mündung hier immer grösser wurde und die Pseudopodien sich immer weiter ausdehnten. Das Herausfliessen ging sehr langsam vor sich, es dauerte ungefähr 2 Stunden. Am anderen Tage hatte sich der Klumpen schon einige Centimeter weit entfernt, den Kranz seiner Artgenossen überschritten und wanderte er, bevor er sich festsetzte, mehrere Tage ruhelos, wenn auch sehr langsam, auf dem Algenbelag umher.

Als sich später die Calcituben reich vermehrt hatten, konnte ich den Vorgang der Plasmodienbildung noch mehrmals beobachten, doch niemals bei Kammern, die auf Algen befestigt waren, sondern stets bei isolirt an der Glaswand sitzenden oder abgefallenen, am Boden liegenden Thieren. Letztere wurden auch in andern Gefässen isolirt, doch habe ich das Auswandern des Plasmas nur bei Thieren gesehen, die ich ohne Nahrung liess. Wenn ich sie auf Algen legte, blieben sie längere Zeit ruhig liegen, ohne Pseudopodien auszusenden, doch nach drei bis vier Tagen frassen sie wieder und wuchsen in der gewöhnlichen Weise weiter. Aus diesen Beobachtungen darf man vielleicht schliessen, dass die Auswanderung des Plasmas nur bei Nahrungsmangel erfolgt. Jedenfalls ist nur durch diese Fähigkeit des Plasmas eine Ausbreitung der Organismen über weitere Nahrungsgebiete ermöglicht, weil die beschalten Thiere sich nicht bewegen und zweitens ist, wenn letztere in ungünstige Lebensbedingungen gerathen, die Erhaltung der Art insofern gesichert, als ja die Plasmodien wandern und neue günstigere Verhältnisse aufsuchen können.

In allen beobachteten Fällen blieb bei dem Austreten des Plasmas ein kleiner Theil desselben in der Schale zurück und zog sich kuglig zusammen. Meine Versuche, künstlich durch gewaltsame Eingriffe Plasmodien herzustellen, müssen als misslungen gelten. So häufig ich den Weichkörper der Calcituba durch Zerbrechen der Schale isolirte, niemals blieb derselbe lange am Leben, geschweige dass er umherkroch. In den ersten Tagen wurden noch feine Pseudopodien an einzelnen Stellen gebildet, doch dann zerfiel das Plasma in unregelmässige Brocken und auch diese wurden allmählich aufgelöst. Bemerkenswerth ist noch die Thatsache, dass nur ein sehr geringer Procentsatz der isolirten Thiere Plasmodien bildete. Zu Hunderten habe ich die Thiere vom Boden des Gefässes genommen und in Glasschalen versetzt, aber im Ganzen habe ich nur 7 Plasmodien aus ihnen sich bilden gesehen. Die meisten Individuen verschlossen ihre Mündungen mit einem chitinösen Häutchen; und es blieb der Weichkörper in diesem gewissermaassen encystirten Zustand noch lange (auch ohne Nahrung) am Leben.

Verfolgen wir jetzt noch das Wachsthum der aus Plasmodien entstandenen Individuen weiter. Schon vorher wurde gesagt, dass die von der Centralkammer (Plasmodium) ausgehenden Röhren radiär angeordnet sind. Ich brauche erst kaum zu erwähnen, dass dieses nicht in geometrischem Sinne aufzufassen ist, denn auch hier spielt die Variabilität eine grosse Rolle. Je mehr sich die Kalkröhren während des Wachsthums vom Mittelpunkt entfernen, desto reicher verzweigen sie sich, was ja selbstverständlich erscheint, wenn man bedenkt, dass bei radiärem Wachsthum die Kammerenden sich immer mehr von einander entfernen und dabei reiche Nahrungsgebiete zwischen sich freilassen. Die aus den distalen Kammermündungen austretenden Pseudopodien werden gelegentlich auch seitlich Nahrung aufnehmen können, ohne auf eine Nachbarröhre oder deren Pseudopodien zu stossen. Mit dieser seitlichen Nahrungsaufnahme wird auch der vor der Mündung lagernde Plasmaklumpen

nach der betreffenden Seite verzogen und schliesslich, wenn auf der andern Seite die Pseudopodien in entgegengesetzter Richtung wirken, gegabelt. Da nun, wie wir wissen, dieser Klumpen die Schale abscheidet, resultirt aus dieser Gabelung eine dichotomische Verästelung der Schale. Die dem Centrum des Thieres näher gelegenen freien Röhrenenden haben weniger Nahrung und beschränkteren Raum und wachsen daher auch wohl langsamer und unregelmässiger. Daher ist bei älteren Individuen die periphere Parthie stets ziemlich regelmässig verästelt, während das Centrum häufig ein ganz unentwirrbares Knäuel bildet. Diese Beobachtungen wurden in der Weise angestellt, dass ein Theil eines Individuums genau gezeichnet und gemessen wurde und nach einer Woche die neu hinzugewachsenen Stücke mit anderer Farbe auf der Zeichnung hinzugefügt wurden. So erhält man ein anschauliches Bild der Wachsthumsdifferenzen der einzelnen Röhrenenden.

In unmittelbarer Nähe der Centralkammer befinden sich auch freie Röhrenmündungen, aus denen Pseudopodien ausgesandt werden, ja es kann, wie wir gesehen haben, sogar das Plasma der Centralkammer selbst dem Algenfilz direct aufliegen und ihn verzehren. Daher ist dann nach einigen Wochen das Algenflechtwerk im Centrum, als der ältesten Stelle, aufgezehrt und die Centralkammer schwebt frei im Wasser nur von den von ihr abgehenden Röhren gehalten. Allmählich erweitert sich die Lücke im Algenschleier und schliesslich kommt ein Zeitpunkt, wo die ganze centrale Schalenmasse den tragenden Aesten zu schwer wird; dieselben brechen ab und zwar an den die Kammerscheidewände bildenden Einschnürungen der Schale, da letztere, wie wir gesehen haben, an diesen Stellen besonders dünn ist. Die meisten Kammern der centralen Partie fallen in mehr oder minder zusammenhängenden Complexen zu Boden. Nur wenige, die ausser auf dem Algenfilz auch auf der Glaswand befestigt waren, bleiben auf letzterer sitzen. Auf diese Weise hat sich dann wieder ein Kranz gebildet gleich

dem, von welchem wir bei unsern Betrachtungen ausgingen.

Die Bruchstellen werden meistens von den durch Zerfall des grossen sternförmigen Thieres entstandenen Individuen wieder zugebaut. Die auf den Algen zurückgebliebenen Thiere wachsen vorne weiter, während die hinteren, älteren Kammern, wenn die Unterlage verzehrt ist, abbrechen. So geht es fort, bis sich die Kränze so erweitert haben, dass sie einander berühren. An den Berührungsstellen bilden die von entgegengesetzten Seiten auf einander zuwachsenden Röhren zunächst ein labyrinthisches Knäuel, das schliesslich, nachdem die Unterlage verzehrt ist, zu Boden fällt. Natürlich ist auf diese Weise ein Kranz von grösserem Durchmesser, als die beiden alten waren, entstanden. Durch Verschmelzen zahlreicher Kränze bilden sich immer grössere Kreise, bis zuletzt nur noch eine unregelmässig verlaufende Linie von annähernd parallel gelagerten Individuen auf dem Rand des Algenschleiers übrig bleibt und nun geschlossen gegen denselben vorrückt.

Es ist leicht erklärlich, dass man in diesem Stadium des Wachsthums nicht sehr vielkammrige Exemplare vorfindet, weil ja die hintersten Kammern immer abbrechen. Da es nun dem Zufall überlassen ist, ob die Bruchstücke ein- oder mehrkammrig werden und, wie oben gesagt, die proximal zum Centrum des Kreises gelegenen Mündungen zugebaut sind, so findet man auf dem Boden des Gefässes sowohl, als auch auf der Wand, ausser mehrkammrigen Thieren auch einkammrige, die nur eine Oeffnung haben. (Die andere ist eben zugebaut.) Jemand, der die Entwicklungsgeschichte der Calcituba nicht kennt und solche einkammrigen Individuen findet, wird dieselben nach Analogie mit anderen Foraminiferen für die jüngsten Entwicklungsstadien der Calcituba halten. So thut es v. Roboz, der offenbar nur dies eine Stadium des Calcitubawachsthums kannte, was auch aus seiner Behauptung, dass diese Polythalamie nie mehr als sechskammrig wäre, hervorgeht. Indessen vermag man bisweilen

noch an solchen einzelnen Kammern eine Andeutung ihrer Entstehungsart zu erkennen. Bei solchen Thieren sitzt nämlich auf dem Grunde der sackförmigen Schale ein kleines uhrschälchenähnliches Gebilde, welches so zu Stande gekommen ist, dass die Spitze der anstossenden Kammer, die, wie wir gesehen haben, häufig die Kammerscheidewand bildet, beim Abbrechen stecken blieb und dann zugebaut wurde.

Hiermit sind meine Beobachtungen über das Leben der Calcituba beendet. Mit Absicht habe ich dieselben in der Reihenfolge mitgetheilt, in der sie angestellt wurden, weil ich glaube, dass man so am leichtesten einen Einblick in den etwas complicirten Entwicklungsgang unseres Thieres bekommt. Zum Schluss fasse ich noch einmal die Lebensgeschichte der Calcituba in kurzen Worten zusammen:

*Aus nackten Plasmodien entstehen grosse, vielkammrige, sternförmige Individuen auf folgende Weise: Das Plasmodium setzt sich auf flächenhaft wachsenden Algen fest und umgiebt sich mit Schale; von der so entstandenen ersten Kammer wachsen in radiärer Richtung, dichotomisch sich verästelnde gekammerte Kalkröhren aus. Während die peripheren Röhrenenden weiter wachsen, zerfällt die centrale Partie, wenn die Algenunterlage verzehrt ist, in Bruchstücke von verschiedener Kammerzahl, die auf den Boden sinken. Es ist auf diese Weise aus dem grossen sternförmigen Individuum ein Ring radiär angeordneter kleinerer Individuen entstanden; die letzteren bauen an ihren peripheren Enden immer neue Kammern, während die centralen älteren Theile abbrechen und zu Boden fallen, ein Vorgang, der eine gewisse Aehnlichkeit mit der Strobilation besitzt, insofern als auch hier die älteren Theile sich ablösen, während das Thier weiter wächst. Das Schicksal der auf den Boden gefallenen Bruchstücke ist verschieden; wenn sie Nahrung erlangen, z. B. auf Algen fielen, bauen sie neue Kammern und*

*wachsen in der gewöhnliehen Weise weiter. Wenn sie keine Nahrung haben, so verschliessen sie entweder ihre Mündungen mit chitinösen Häutchen und warten in diesem encystirten Zustand auf günstigere Lebensbedingungen, oder sie bilden Plasmodien durch Theilung des Plasmas innerhalb der Schale und Auswanderung der Theilstücke. Die Plasmodien können günstigere Nahrungsgebiete aufsuchen. Aus ihnen entstehen in der oben geschilderten Weise sternförmige Individuen, entweder direct oder nachdem eine Theilung des Plasmodiums vorausgegangen ist. Bisweilen leben die Plasmodien lange als selbstständige Organismen.*

Ich will auch die Möglichkeit nicht unerwähnt lassen, dass die Individuen, welche ihre Schalenmündungen verschliessen, später noch andersartige Fortpflanzungskörper entwickeln. Indessen bieten meine Beobachtungen hierfür keine Anhaltspunkte. — Es wäre sehr wichtig zu constatiren, ob alle diese Entwicklungsstadien der Calcituba auch unter natürlicheren Verhältnissen d. h. im Meere vorkommen.

Bei andern Foraminiferen sind ähnliche Erscheinungen meines Wissens noch nicht beobachtet worden.

## Das Protoplasma.

Während bei den meisten Foraminiferen die Dicke der Schale das Studium des in ihr enthaltenen Weichkörpers mit starken Vergrösserungen unmöglich macht und man sich hier auf die aus der Schale hervortretenden Theile beschränken muss, bietet Calcituba weitaus günstigere Verhältnisse. Die Schale derselben ist so dünn und kalkarm, dass man bei tausendfacher und stärkerer Vergrösserung noch ziemlich gut die Zusammensetzung und die Bewegungserscheinungen des Plasmas, ohne die Schale zu zerstören, beobachten kann. Um die Thiere längere Zeit unter dem Deckglas lebensfähig zu erhalten, was besonders für das anhaltende Studium der Bewegungs-

erscheinungen des Plasmas nothwendig ist, muss man continuirlich das Meerwasser erneuern, da sonst der Salzgehalt durch Verdunsten zu schnell erhöht wird. Zu diesem Zweck benutzte ich einen oder mehrere dünne Wollfäden, deren eines etwas abgeplattete Ende unter das Deckglas gebracht wurde, während das andere in einem höher stehenden Gefäss mit Wasser hing; durch Capillarität steigt natürlich das Wasser auf dieser Leitung herunter. An der andern Seite des Deckglases wird ein ableitender Wollfaden herunter gelegt, der an seinem freien Ende mit einem Stückchen Fliesspapier in Verbindung gebracht wird. Mit Hilfe dieses Apparates ist unter dem Deckglas stets ein Strom vorhanden, dessen Stärke man natürlich leicht durch Vermehrung oder Verminderung der Fäden reguliren kann. Der Zweck dieser Veranstaltung ist als erreicht anzusehen, wenn nach Verlauf mehrerer Stunden sich noch keine Salzkrystalle am Rande des Deckglases abgesetzt haben.

Bei schwacher Vergrösserung und durchfallendem Licht erscheint der Weichkörper der Calcituba als eine grobkörnige, dunkelrothbraune, ziemlich gleichartige, Masse, in der an einzelnen Stellen grössere Vacuolen bemerkbar sind. Derselbe erfüllte bei den von mir untersuchten Exemplaren die Kammern der Schale häufig vollständig, während v. Roboz niemals die Kammern ganz von Plasma ausgefüllt fand; er schildert vielmehr das Plasma in folgender Weise: „Vom Protoplasma gehen fadenförmige Stränge ab, die an der Innenwand der Schale inseriren, wodurch die ganze protoplasmatische Masse im Innenraum der Kammer aufgehängt erscheint.“ Dies kann ich nicht bestätigen. Als Gegensatz zu der vollständigen Erfüllung der Kammern, habe ich einen dünnen aber continuirlichen protoplasmatischen Wandbelag gefunden, der leicht übersehen werden kann, weil er in manchen Fällen sehr dünn ist und erst mit starken Linsen sichtbar wird; freilich waren dann in zahlreichen derartigen Fällen die gegenüberliegenden Wände durch dünne Plasmabrücken verbunden, so dass der ganze Kammerinhalt

eine auffallende Aehnlichkeit mit dem Primordialschlauch der Pflanzengallen besass. Dass zwischen den erwähnten Extremen sich leicht alle Uebergänge finden lassen, brauche ich wohl kaum zu erwähnen; doch habe ich immer gefunden, dass bei Zunahme des Plasmas dasselbe an den Wänden und nicht im Centrum angehäuft wurde, daher kann man von einem Aufgehängtsein des Plasmas, wie es z. B. bei Arcella bekannt ist, kaum sprechen.

Bei den grossen sternförmigen aus Plasmodien entstandenen Individuen findet man häufig Kammern, die, zwischen zwei gefüllten gelegen, bei oberflächlicher Betrachtung leer erscheinen; doch habe ich in allen untersuchten Fällen auch in ihnen einen dünnen protoplasmatischen Wandbelag gefunden. Deshalb glaube ich, dass der Weichkörper sämmtlicher Kammern auch bei den grössten sternförmigen Thieren ein zusammenhängendes Ganze bildet, was für die Auffassung dieser Stadien als Individuen von Bedeutung ist.

Bei Betrachtung mit stärkerer Vergrösserung verliert das Plasma seinen gleichartigen Charakter. Es zeigt sich, dass dasselbe aus einer Anzahl verschiedener Bestandtheile zusammengesetzt ist, die in Form einer Emulsion in einer scheinbar homogenen Grundsubstanz eingebettet sind. Ich will nun zunächst die einzelnen Inhaltsgebilde, die ich zu erkennen vermochte, beschreiben, dann das über die Grundsubstanz Ermittelte mittheilen und zuletzt einige Bewegungserscheinungen des Plasmas besprechen.

### I. Die Inhaltsgebilde des Plasmas.

Zunächst fallen zahlreiche helle Vacuolen auf, die mit wasserklarer Flüssigkeit erfüllt zu sein scheinen. Dieselben sind von sehr verschiedener Grösse und Gestalt und auch verschieden dicht an einander gelagert, d. h. durch dickere oder dünnere Grundsubstanzbrücken getrennt. Ihre Conturen sind stets scharf und glatt; doch ist dies Verhalten nicht auf das Vorhandensein einer eigenen Wandung zurückzuführen, was die gelegentliche Gestalt- und Grössenveränderung dieser Gebilde verbietet.

Vielmehr sind sie als dünnflüssige Tropfen in einer zähflüssigen Masse aufzufassen. Diese hellen Tropfen verleihen dem Plasma ein blasiges Aussehen, ähnlich wie dies von Pelomyxa bekannt ist; nur erscheint in unserem Falle die Masse compacter, weil die Vacuolen im Allgemeinen kleiner und die trennenden Grundsubstanzmassen dicker als bei Pelomyxa sind. Ueber die chemische Zusammensetzung des Vacuoleninhalts habe ich nichts ermittelt.

Die rothe Färbung des Weichkörpers rührt von zwei verschiedenartigen Inhaltsgebilden her, nämlich von grösseren gelbrothen, glänzenden Tröpfchen und minutiösen intensiv rothbraunen, stark lichtbrechenden Körnchen. Die Tröpfchen liegen zwischen den Flüssigkeitsvacuolen des Plasmas zerstreut und unterscheiden sich von letzteren durch Farbe und Lichtbrechungsvermögen, während Grösse und Gestalt übereinstimmen. Geformte Bestandtheile habe ich bei stärkster Vergrösserung nicht in ihnen wahrnehmen können. Ihre Zahl ist bei den einzelnen Individuen sehr verschieden. Oft sind sie so dicht angehäuft, dass sie vollständig die Stelle der hellen Vacuolen einnehmen; in anderen Fällen sind sie spärlich vertreten und schliesslich findet man Kammern, in denen sie ganz fehlen. Die ausser diesen Tröpfchen vorkommenden rothbraunen Körnchen erfüllen dicht die Grundsubstanz des Plasmas, sind aber von fast unmessbarer Kleinheit. Beide Farbstoffe, Tröpfchen wie Körner, lösen sich in absolutem Alkohol, Aether und Nelkenöl bei längerer Einwirkung auf. Wenn man diesen Vorgang unter dem Mikroskop beobachtet, so zeigt es sich, dass zunächst aus den Körnern Tropfen entstehen, in der Weise, dass die in der Grundsubstanz eingebetteten Körnchen in dem Inhalt der farblosen Flüssigkeitsvacuolen gelöst werden; die letzteren gleichen dann in Farbe und Lichtbrechungsvermögen vollständig den im Leben vorhandenen Farbstofftröpfchen; bei mehrfachem Alkoholwechsel wird auch aus ihnen der Farbstoff ausgewaschen und sie sind dann wieder hell wie zuvor. Hat man eine

grosse Anzahl Calcituben in einer Uhrschale, so nimmt der Alkohol selbst eine gelbrothe Färbung an, ein Beweis, dass die Farbstoffe in ihm gelöst enthalten sind.

Wenn man Calcituben durch plötzliche Erhitzung tödtet und den Weichkörper in Meerwasser liegen lässt so werden, wie bei der Einwirkung des absoluten Alkohols, zuerst die Körnchen in Vacuolen gelöst und dann erst diese entfärbt. Auch lebende Thiere verlieren ihre Farbe, wenn man sie längere Zeit ohne Nahrung lässt; indessen habe ich hier nicht beobachtet, dass die Körnchen in Vacuolen gelöst wurden; nur ihre Anzahl wurde geringer, woraus man wohl schliessen muss, dass dieselben beim Stoffwechsel verbraucht wurden. Derartig entfärbte Exemplare wurden wieder roth, wenn sie einige Tage auf dem Algenflechtwerk gelegen hatten.

Aus diesen Versuchen schliesse ich, dass die Körnchen und Tröpfchen bei der Ernährung aus der Algensubstanz gebildet werden und Reservestoffe darstellen, die bei Nahrungsmangel verbraucht werden.

Max Schultze (14) hat den braunen Farbstoff, den er bei Polystomellen und Gromien ebenfalls in Tropfen- und Körnchenform vorfand, untersucht und glaubt, dass er dem Diatomin entspricht und von der in Diatomeen bestehenden Nahrung herrührt. Ebenso wie wir es gethan haben, liess er Polystomellen hungern und sah, dass der Farbstoff verschwand, während reichliche Fütterung mit Diatomeen ihn wieder anhäufte.

In unserm Falle kann es nun wohl nicht Diatomin sein, da sorgfältig darauf geachtet wurde, dass in den betreffenden Culturgefässen keine Diatomeen vorhanden waren. Vielmehr bestand die Nahrung nur aus den am Anfang erwähnten grünen Fadenalgen — Siphoneen, deren grüne Farbe durch Chlorophyll bedingt ist. Wenn diese Algen in das Plasma aufgenommen werden, so büssen sie während der Verdauung ihre grüne Farbe schnell ein. Ich vermuthe nun, dass der gelbrothe Farbstoff seine Entstehung der Zersetzung des Chlorophylls verdankt, was zu beweisen freilich zur Zeit nicht möglich

ist, weil wir über die chemische Zusammensetzung des Chlorophylls fast nichts wissen. Meine Gründe für diese Annahme sind pflanzenphysiologischer Art und will ich ganz kurz darauf eingehen.

Nach neueren Untersuchungen von Hansen (8) besteht das Chlorophyll aus 2 Farbstoffen, die an eine fettähnliche Substanz gebunden sind, und zwar ist dies ein grüner und ein gelber, ersterer jedoch in überwiegender Menge. Nur der grüne Farbstoff kommt bei der Assimilation in Betracht, und was für uns von besonderer Wichtigkeit ist, derselbe besitzt weniger Widerstandskraft gegen physikalische und chemische Einflüsse, als der gelbe Farbstoff. Auf letzterer Thatsache beruht beispielsweise die Verfärbung der Blätter unserer Laubbäume im Herbst. Wenn die Temperatur abnimmt, zerfallen die Chlorophyllkörper und hierbei geht der grüne Farbstoff zu Grunde, oder er wandert sammt der Stärke in gegen Wärmeausstrahlung geschütztere Reservestoffbehälter. Der gelbe Farbstoff bleibt in den Blättern zurück und verleiht ihnen die gelbrothe oder rothbraune Herbstfärbung. Nach Untersuchungen von Sachs (12) besteht dieser zurückgebliebene Farbstoff aus kleinen stark lichtbrechenden, intensiv gelbrothen Körnchen, die nicht selten zu grösseren ölartigen Tröpfchen zusammenfliessen. Ich habe mich nun selbst von der Richtigkeit dieser Beobachtungen an vergilbten Blättern von Robinien und Pappeln überzeugt und konnte ausserdem die Thatsache constatiren, dass diese Pflanzenfarbstoffe in Gestalt, Grösse und Farbe genau mit den bei Calcituba vorkommenden übereinstimmen. Dieser Umstand und die Thatsache, dass das Chlorophyll der Algen nach der Aufnahme in den Weichkörper verschwindet, legte nun die oben erwähnte Annahme, dass der Farbstoff des Plasmas der Calcituba durch Zersetzung des Chlorophylls entstehe, sehr nahe; wir brauchen nur als Ursache des Chlorophyllzerfalls an die Stelle der Wärmeausstrahlung bei den Blättern, bei Calcituba die Einwirkung verdauender Fermente zu setzen, so sind die übrigen Vorgänge bei

der Verfärbung der Blätter und der Färbung der Calcituba identisch.

Ausser den oben erwähnten Beobachtungen Max Schultze's liegen noch Angaben über den Ursprung des Pigments bei Rhizopoden von Cienkowsky (5) vor. Derselbe giebt an, dass der ziegelrothe Farbstoff der Vampyrellen vom Chlorophyll grüner Algen oder Euglenen herrührt, was Géza Entz (16) bestätigen konnte. Von der Färbung der Infusorien sagt schon Stein (19), dass dieselbe durch Zersetzungsproducte der Nahrung bedingt wird.

Ausser diesen Farbstoffen sind noch andere ebenso kleine, stark lichtbrechende, aber farblose Körnchen in grosser Zahl im Plasma der Calcituba vorhanden, die nach der Behandlung mit absolutem Alkohol erhalten bleiben; über ihre Natur habe ich nichts ermitteln können, doch glaube ich, dass sie identisch sind mit den Körnchen, welche auf den Pseudopodien das Phänomen der Körnchenströmung hervorrufen. Der Umstand, dass bei Behandlung mit Osmiumsäure einige Körnchen schwarz werden, während andere farblos bleiben, weist darauf hin, dass sie nicht alle dieselbe Zusammensetzung haben.

In sehr feiner Vertheilung können auch die schon bei unsern biologischen Betrachtungen erwähnten dunkel conturirten Excretkörner anftreten. Doch werden dieselben in den meisten Fällen grösser und liegen dann in Form ganz unregelmässiger, eckiger Körper meistens im Innern von Vacuolen des Plasmas. Die chemische Natur dieser Gebilde betreffend, bin ich nicht über die Resultate anderer Forscher hinausgekommen. In Alkohol und Aether sind sie unlöslich, ebenso in verdünnten Säuren, während sie in concentrirten Säuren sich auflösen. Ihre häufig krystallinische Beschaffenheit führte Buetschli (3) zur Annahme, dass es oxalsaure Salze seien, während Entz (7) sie für harnsaure Concretionen hält. Jedenfalls stimmen beide Autoren darin überein, dass es Endproducte des Stoffwechsels sind. Einen Be-

weis für die Richtigkeit dieser Annahme bildet auch unsere schon früher mitgetheilte Beobachtung, dass diese Körper ausserhalb der Thiere abgelagert werden und hier sich allmählich anhäufen.

Grössere Nahrungskörper finden sich verhältnissmässig selten im Innern des die Kammern erfüllenden Plasmas, was sich dadurch erklärt, dass, wie wir gesehen haben, die Algenfäden durch den vor der Kammeröffnung gelegenen Plasmaklumpen verdaut werden, und zwar in der Weise, dass das Plasma auch grössere Algenstücke umfliesst. Die wenigen leeren und zusammengeschrumpften Zellhäute, welche man im Weichkörper findet, liegen stets in einer Flüssigkeitsvacuole (sogenannte Nahrungsvacuole).

Ueber die Kerne der Calcituba wird in einem späteren Capitel einiges mitgetheilt werden.

### 2. Die Grundsubstanz.

Bis vor kurzer Zeit galt die Substanz, welche alle auf den vorigen Seiten beschriebenen Inhaltskörper verbindet, als durchaus gleichartig, weshalb man sie mit dem Namen „homogene Grundsubstanz" belegte. Neuere Untersuchungen, die mit verbesserten optischen Hilfsmitteln angestellt wurden, haben aber gezeigt, dass auch diese Substanz in vielen Fällen noch zusammengesetzter Art ist, oder, wie man sich ausdrückte, eine feinere Structur besitzt. Unter diesem Gesichtspunkt wurde auch das Plasma einiger Foraminiferen, besonders eingehend von Buetschli studirt und kam dieser Forscher zu dem Resultat, dass bei allen untersuchten Foraminiferen die Grundsubstanz des Weichkörpers einen wabigen Bau besitzt. Da meine Beobachtungen nur das von diesem Autor Gefundene im Wesentlichen als auch für Calcituba gültig bestätigen, kann ich mich im Folgenden um so kürzer fassen.

Will man die feinere Zusammensetzung des Plasmas am lebenden unversehrten Thier studiren, so kann man hierzu nur Kammern wählen, die wenig Plasma ent-

halten, da sonst die Fülle der Inhaltskörper das Object zu undurchsichtig macht. Am besten eignen sich daher die Kammern, in denen der Weichkörper nur einen dünnen Wandbelag bildet. Natürlich wird man sich die von geringstem Querdurchmesser aussuchen, um überhaupt mit starken Systemen herankommen zu können. Zweckmässig ist es auch, mit einem feinen Glasfaden das Deckglas zu unterstützen, weil häufig die dünne Schale nicht den Druck desselben verträgt.

Der protoplasmatische Wandbelag derartiger Exemplare zeigt nun deutlich, dass die Grundsubstanz des Plasmas nicht homogen, sondern aus zwei optisch differenten Bestandtheilen zusammengesetzt ist. Eine stärker lichtbrechende und eine hellere Substanz sind in Form einer Emulsion durch einander gemengt, doch in äusserst feiner und gleichmässiger Weise. Die hellere Substanz erfüllt in Tröpfchenform die stärker lichtbrechende so vollständig, dass die letztere optisch nur als das Fadenwerk eines feinen Netzes erscheint, während die hellen Tropfen die Maschenräume bilden. Dass die stärker lichtbrechende Substanz nicht eine feste Structur besitzt, und etwa ein spongiöses Gerüstwerk darstellt, beweist die Thatsache, dass die hellen Tröpfchen fortwährend ihre Gestalt und Anordnung, wenn auch äusserst langsam, ändern, was nur möglich ist, wenn sie in eine flüssige Masse eingebettet sind. Das starke Lichtbrechungsvermögen dieser Substanz deutet wohl eine zähflüssige Consistenz an. Ueber die chemische Beschaffenheit dieser beiden optisch differenten Stoffe ist nichts bekannt, und habe auch ich nichts ermittelt. Der Durchmesser der hellen Tröpfchen beträgt ungefähr 0,0005—0,001 mm, indessen ist dies nur eine ganz allgemeine Durchschnittsgrösse, die aus zahlreichen Messungen herausgerechnet ist und aus dem Grunde keinen besonderen Werth beanspruchen darf, weil es unmöglich scheint, eine scharfe Grenze zwischen diesen kleinsten Tröpfchen und den grösseren vorher beschriebenen Flüssigkeitsvacuolen zu ziehen; vielmehr scheinen beide in einander überzugehen.

Ich sage ausdrücklich „scheinen", denn es ist nicht leicht, einen solchen Uebergang, also etwa das Verschmelzen mehrerer kleiner Tröpfchen zu einem grösseren direct zu beobachten. Wie später ausführlich erörtert werden soll, sind alle Vacuolen, überhaupt das ganze Plasma, in steter Bewegung. Daher ist es schwierig, einen bestimmten Complex von Vacuolen längere Zeit genau im Auge zu behalten. Doch glaube ich bestimmt, in einzelnen Fällen beobachtet zu haben, dass an einer Stelle, an der eben noch zahlreiche kleine Vacuolen waren, plötzlich eine grössere auftauchte. Andererseits kann man bei aufmerksamer Betrachtung bisweilen sehen, wie grössere Vacuolen langsam während ihrer Wanderung kleiner werden; es macht den Eindruck, als ob alle angrenzenden kleinen Flüssigkeitstropfen ganz allmählich nach dem Centrum des grösseren zusammenrücken.

Von besonderem Interesse sind die schmalen Plasmabrücken, die sich häufig zwischen den gegenüberliegenden Kammerwänden in querer oder schräger Richtung ausspannen. Auf diesen oft sehr schmalen Fäden ist meistens die Plasmaströmung etwas stärker, daher drängen sich die Vacuolen an einander und werden in der Stromrichtung in die Länge gezogen, so dass in extremen Fällen das Plasma ein fein fibrilläres Aussehen erhalten kann. Doch sind, wie gesagt, die einzelnen spindelförmigen Fibrillen nur in die Länge gezogene Vacuolen. Beim Uebergang in das Wandplasma gehen auch sie allmählich wieder in die rundliche Tropfenform über. Dieselbe Beobachtung kann man häufig an Kammereinschnürungen machen.

Mit Absicht habe ich zuerst unversehrte Thiere zu diesen Beobachtungen gewählt, um zu zeigen, dass auch hier die beschriebenen Erscheinungen zu erkennen sind. Deutlicher und leichter zu studiren sind dieselben aber am isolirten Plasma. — Wenn man Kammern zerdrückt oder mit feinen Nadeln die Schale unter dem Mikroskop zerbricht, so kann man dieselben Phänomene beobachten, die Buetschli (4. S. 63) bei Miliola schildert; und zwar

in so übereinstimmender Weise, dass fast Alles, was dieser Forscher über Miliola sagt, auch für Calcituba gilt. Ich will daher nur das Wichtige hervorheben. Da das Plasma der Calcituba sehr zähe ist, spannt sich ein Theil desselben zwischen den Schalenfragmenten in feinen Fäden aus. Das übrige Plasma zerfällt bei fortgesetztem Druck in gesonderte Stücke, die sich bei Nachlassen desselben kugelig abrunden. Nach ungefähr einer Viertelstunde beginnen die grösseren dieser kugeligen Klumpen, nachdem minutenlang unregelmässig wogende oder amöboide Bewegungen vorausgegangen waren, allseitig zarte Pseudopodien auszusenden. Dieselben sind häufig an ihren Basen schwimmhautartig verbunden. Namentlich diese dünnen flächenhaften Verbreiterungen zeigen das vorher beschriebene Netzbild als Ausdruck einer vacuolären Beschaffenheit ausserordentlich deutlich, wohl weil das Plasma sich hier in relativer Ruhe befindet. Doch zeigt auch jeder Wulst, der sich bei einer Strömungsstörung auf den Pseudopodien bildet, oder die kleinen durch Verschmelzung von Pseudopodien entstandenen Ausbreitungen, deutlich die Zusammensetzung aus mehreren Waben. An den kleinsten abgesprengten Plasmakugeln sind die oberflächlichen Wabenkörper stets ziemlich regelmässig radiär angeordnet, daher erscheint der Rand einer solchen Kugel im optischen Durchschnitt als regelmässiger Alveolarsaum. Bei günstiger Beleuchtung und etwas seitlicher Abblendung kann man häufig sehen, dass ausserhalb dieses Alveolarsaumes noch eine ganz feine Contur verläuft, die nur durch eine dünne vollkommen hyaline Plasmaschicht bedingt sein kann, die sich auf der Oberfläche des wabigen Plasmas ausbreitet.

Während die Anfangstheile der Pseudopodien häufig das fibrillär maschige Bild zeigen, das vorhin bei den Plasmabrücken beschrieben wurde, erscheinen die dünnsten Enden derselben bei centraler Beleuchtung als scharfe starklichtbrechende Linien. Die Körnchen, die sich an ihnen bewegen, springen seitlich als Buckel hervor. In

manchen Fällen aber laufen sie gar nicht auf der Linie, sondern in einer kleinen Entfernung von derselben oder auch eine Zeit lang sie mit ihrer Oberfläche berührend, dann aber im Bogen ablenkend, um nach dieser Excursion wieder zu ihr zurückzukehren. Bei seitlicher Abblendung sieht man nun bisweilen auch hier zu beiden Seiten der stark lichtbrechenden Linie in wechselnder Entfernung eine zarte Contur verlaufen; daher glaube ich, dass auch hier der starklichtbrechende, zähe Pseudopodienfaden von einer hyalinen, leichter flüssigen Plasmamasse umhüllt ist, in der dann die Körnchen eingebettet sind. Nur bei dieser Annahme ist die Erscheinung, dass sich die Körnchen vom Pseudopodienfaden entfernen, erklärbar. Dass ich an manchen Tagen den feinen hyalinen Saum nicht gesehen habe, ist, wie ich glaube, nicht auf das Fehlen desselben zurückzuführen, sondern darauf, dass das Auge nicht immer gleich gut disponirt ist, um Dinge, die an der Grenze des Wahrnehmbaren stehen, zu erkennen. Ob die Bewegung der Körnchen activ oder passiv ist, lässt sich vorläufig nicht entscheiden.

Auch bei der von mir beschriebenen Myxotheca bin ich zu der Ansicht gekommen, dass in den Pseudopodien ein zäher Axenfaden vorhanden sei. Doch basirte dort diese Annahme nicht auf dem feineren Bau der Pseudopodien selbst, der gar nicht untersucht wurde, sondern auf der Thatsache, dass bei Erschütterung die Pseudopodien häufig in Form einer unregelmässigen Spirale eingezogen wurden. Bei Calcituba erfolgt nun die Einziehung der Pseudopodien in etwas anderer Weise, doch ist dieselbe auch mit der Annahme eines zäheren Axenfadens vereinbar. Es bilden sich bei Erschütterung in wechselnden Abständen spindelförmige Verdickungen, die alle mit einander durch einen dünnen Faden verbunden sind und allmählich unter centripetaler Strömung, zu immer grösseren Klumpen zusammenfliessend, in den Weichkörper eingezogen werden. Bei sehr heftiger plötzlicher Erschütterung kommt es aber vor, dass der dünne Verbindungsfaden an mehreren Stellen zugleich reisst;

es entsteht dann eine Reihe gesonderter Plasmakugeln von verschiedener Grösse, was sich wohl dadurch erklärt, dass die Zähigkeit des Axenfadens nicht dem Streben des Plasmas, sich bei mechanischem Reiz abzurunden, die Wage halten konnte. Diese kleinen Kugeln zeigen ebenso, wie die vorhin beschriebenen, alveolären Bau und einen hyalinen Saum. Das Plasma beginnt nach einer kurzen Ruhepause wieder Pseudopodien zu bilden. Wenn die letzteren nun zufällig eine der isolirten Plasmakugeln berühren, so verschmelzen beide an der Berührungsstelle sofort mit einander und der Plasmaklumpen, der seine regelmässige Kugelgestalt hierbei einbüsst, wird mit der centripetalen Strömung langsam dem Weichkörper zugeführt. Eine mechanische Erklärung lässt sich für alle diese Erscheinungen vorläufig ebensowenig geben, wie für die Fähigkeit des Weichkörpers, sich bei der Fortpflanzung spontan zu theilen Dass die Kerne hierbei keinen sichtbaren Einfluss, etwa als Attractionscentren, haben, soll später gezeigt werden.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass ausser Buetschli auch Max Schultze (16) für die Miliolidenpseudopodien einen contractilen Axenfaden annimmt.

Das Plasma der Calcituba scheint noch grössere Lebenszähigkeit zu besitzen als das der Miliola, welche Buetschli untersuchte. Während dieser Forscher den zerdrückten Weichkörper nur $^3/_4$ Stunden in dem oben geschilderten Zustand beobachten konnte, erhielt sich das Calcitubaplasma einen ganzen Tag mit ausgebreiteten Pseudopodien. Einige grössere Klumpen zeigten sogar noch am folgenden Morgen schwache Strömungserscheinungen. Indessen ist zu erwägen, dass mein Object weit günstigere Lebensbedingungen durch den continuirlichen Wasserwechsel besass.

Beim Absterben verlieren die Plasmaklumpen ihre rundliche Gestalt; sie bekommen unregelmässige Höcker und gewinnen meistens einen grösseren Durchmesser, was vielleicht auf Quellung zurückzuführen ist. Für die letztere Annahme spricht auch der Umstand, dass der

wabige Bau des Plasmas nach dem Absterben für kurze Zeit deutlicher wird, um dann freilich ganz zu verschwinden. Eine Erscheinung, die man auch durch Zusatz eines Quellung bewirkenden Mittels, wie der Essigsäure, hervorrufen kann. Das Plasma wird zuletzt grobkörnig und löst sich allmählich auf oder es wird von anderen Mikroorganismen (Bacterien etc.) verzehrt.

Auch bei geeigneter Fixation des Plasmas wird der vacuoläre Bau desselben deutlicher, was darauf beruht, dass die störende Bewegung aufhört, weil die vorher zähflüssige Masse fest wird. Ich habe unter dem Mikroskop die Einwirkung verschiedener Fixationsmittel verfolgt und gefunden, dass nächst der Osmiumsäure, die von mir schon früher empfohlene Mischung von Alc. absolutus und Sublimat am schnellsten die Bewegung des Plasmas hemmt und zugleich am wenigsten die Grösse und Anordnung der Vacuolen verändert. Osmiumsäure ist deshalb weniger geeignet, weil sie, wie vorhin erwähnt, manche Einschlüsse des Plasmas schwarz färbt. Bei Anwendung von reinem Alcohol absolutus schrumpft das Plasma so stark, dass die Conturen der Vacuolen ganz zackig erscheinen.

### 3. Die Plasmaströmung.

Bei dem Studium des feineren Baues des Plasmas war mir aufgefallen, dass die einzelnen Bestandtheile des Weichkörpers fortwährend ihre Lage wechseln, dass also eine Strömung im Plasma vorhanden sein müsse. Indessen achtete ich anfangs nicht weiter darauf, weil ich glaubte, dass diese Erscheinung irgendwie mit der Pseudopodienbildung in Zusammenhang stände. Da nun die fortwährende Bewegung die Beobachtung etwas störte, begann ich nach ruhendem Plasma zu suchen und wählte mir zur Untersuchung Exemplare, von denen ich wusste, dass sie seit längerer Zeit keine Pseudopodien mehr ausgesandt hatten, nämlich die Thiere, welche auf dem Boden des Gefässes lagen und ihre Mündungen mit chitinösen Häutchen verschlossen hatten.

Hier glaubte ich sicher den Weichkörper in Ruhe zu finden und bei Betrachtung mit schwacher Vergrösserung schien es auch so. An den Kammermündungen war das Plasma meistens kalottenförmig abgerundet und konnte man bei längerer Beobachtung keine Veränderung der Conturen wahrnehmen. Bei starker Vergrösserung (1200) zeigte sich aber auch hier dieselbe Bewegung der Plasmabestandtheile, und so viele Kammern ich auch untersuchte, niemals befand sich der Weichkörper in seinem Innern bewegungslos. Daher glaube ich diese Erscheinung für einen normalen Lebensprocess des Calcitubaweichkörpers halten zu müssen.

Da meines Wissens constante Strömungen im Plasma anderer Foraminiferen noch nicht beobachtet sind, habe ich dieselben bei Calcituba näher verfolgt und theile im Folgenden meine Resultate mit.

Die Bewegung des Plasmas ist natürlich nur an den einzelnen Formbestandtheilen desselben, wie Vacuolen, Kernen, Körnern etc. sichtbar, doch erfolgt die Wanderung der letzteren so langsam, dass man erst bei längerem Zuschauen eine bestimmte Bewegungsrichtung erkennt. Indessen ist gerade diese Langsamkeit der Bewegung für das Studium der Strömungsrichtung und die Verfolgung der einzelnen Theile auf ihren Bahnen sehr günstig.

In den meisten beobachteten Fällen erfolgte die Strömung parallel der Längsaxe der Kammer und beginne ich mit der am leichtesten zu verfolgenden Art, der einfachen Rotation.

Stellt man den Tubus auf die Oberfläche des Kammerinhalts ein, so bemerkt man, dass alle grösseren Inhaltsgebilde des Plasmas sich mit ziemlich constanter Geschwindigkeit in der Längsrichtung der Kammer nach der Mündung zu bewegen; diese Richtung wird, wie man beim Senken des Tubus bemerkt, bis zur Mitte der Kammer eingehalten, dann zeigt sich aber plötzlich die entgegengesetzte Strömung und diese bleibt bis zur unteren Oberfläche der Kammer bestehen. Verfolgt man

eine bestimmte Vacuole der Oberfläche, so bemerkt man, dass sie bis zum Ende der Kammer in einer Richtung verläuft, dann in die Tiefe hinabgeht und nun in entgegengesetzter Richtung zurückströmt, um am Ende wieder in die erste Richtung einzubiegen. Wenn man um $90^0$ die ganze Kammer um ihre Längsaxe dreht, so zeigt sich die Strömung in folgender Weise. Auf der linken Seite fliessen alle oberflächlichen wie tiefen Theile des Plasmas in einer Richtung, biegen dann am Ende der Kammer nach der rechten Seite um und laufen in entgegengesetzter Richtung zurück. In der Mittelebene, zwischen dem links- und rechtsseitigen Strom, müssten sich theoretisch Theile in Ruhe befinden, in Wirklichkeit sieht man aber nichts hiervon, vielmehr strömen die Vacuolen direct in entgegengesetzter Richtung an einander vorbei oder es wird auch eine Vacuole, die eben noch mit dem linksseitigen, aufsteigenden Strom fortgeführt wurde, plötzlich vom rechtsseitigen ergriffen, kurz, es kann in der Mitte zwischen den beiden Hauptströmen die Bewegungsrichtung fortwährend wechseln. Wenn die Ströme auf beiden Seiten gleich breit sind und auch mit gleicher Geschwindigkeit verlaufen, so ist es klar, dass eine Fortbewegung des Plasmas innerhalb der Kammer nicht erfolgt, dass vielmehr der Weichkörper an derselben Stelle in sich rotirt. Häufig kommt es aber vor, dass der Strom auf der einen Seite schneller ist, als auf der anderen; wenn in diesem Falle das Plasma trotzdem seine Gestalt und Stellung in der Kammer behält, so wird dies dadurch erreicht, dass die schnellere Strömung sich in einem engeren Bett bewegt, als die entgegengesetzte langsamere.

Das bisher Gesagte gilt von einer Kammer, in welcher der Weichkörper eine solide Masse darstellt. Aehnliche Beobachtungen kann man nun auch an Kammern machen, in denen das Plasma nur einen dünnen Wandbelag bildet, während der centrale Hohlraum nur von dünnen Plasmasträngen in querer oder schräger Richtung durchzogen wird. Der Wandbelag rotirt hier eben-

falls als zusammenhängende Masse mit annähernd constanter Geschwindigkeit um den centralen Hohlraum. Es besitzt der ganze Vorgang in diesem Falle eine frappante Aehnlichkeit mit der Rotation, wie sie in zahlreichen Pflanzenzellen bekannt ist, z. B. bei Characeen oder den Wurzelhaaren von Hydrocharis morsus ranae. Der Hauptunterschied besteht nur darin, dass in unserm Falle die Strömung sehr langsam vor sich geht.

In den die Kammer durchsetzenden Strängen strömt das Plasma meistens etwas schneller als auf den Wänden und auch in sehr wechselnder Richtung; die Formbestandtheile der gegenüberliegenden Wände können z. B. auf beide Enden der Verbindungsstränge zugleich übergehen und tritt dann die Erscheinung ein, dass in diesen dünnen Fäden zwei gerade entgegengesetzt verlaufende Ströme sich kreuzen. Wie denkbar, herrscht hierbei die grösste Mannigfaltigkeit.

Die bisher beschriebene Art der Strömung habe ich verhältnissmässig selten gefunden und nur bei Kammern von geringem Querdurchmesser. Viel häufiger findet sich eine Rotation, die man vielleicht als springbrunnenartige bezeichnen kann. Während bei den ersteren die Bestandtheile des Plasmas in Ebenen rotiren, die einander annähernd parallel sind, schneiden sich bei der jetzt zu besprechenden Bewegung alle Rotationsebenen in der centralen Axe der Kammer.

Auf der Oberfläche hat man eine bestimmte Strömungsrichtung, im Centrum die entgegengesetzte und an der untern Fläche des Plasmas wieder die erste. Man kann die Kammer beliebig um ihre Längsaxe drehen, immer findet man dieselbe Aufeinanderfolge der Strömungen, nämlich überall an der Oberfläche die gleiche Richtung und im Centrum die entgegengesetzte. Betrachtet man nun ein Ende der Kammer, so bemerkt man, dass alle mit dem centralen Strome herbeigeführten Formbestandtheile mit centrifugaler Strömung in radiärer Richtung abbiegen, sich an die Oberfläche begeben und zurückströmen; am andern Ende der Kammer lenken sie

dann wieder mit centripetaler Strömung in den centralen Strom ein.

Wenn im Centrum und an der Peripherie die Strömungsgeschwindigkeit gleich ist, rotirt der Weichkörper auf derselben Stelle. Anders ist es, wenn einer der Ströme mit grösserer Schnelligkeit sich bewegt als der andere. Ich habe nur beobachtet, dass die centrale Masse schneller strömte als die periphere; der centrale Strom führt dann in der Zeiteinheit mehr Plasmatheile an das vordere Ende des Weichkörpers, als der langsamere periphere an das hintere Ende zurückführen kann, daher häuft sich das Plasma an dem vorderen Ende in demselben Maasse an, als es am entgegengesetzten verschwindet; das heisst, der Weichkörper bewegt sich in der centralen Stromrichtung vorwärts. Eine ganz ähnliche Art der Plasmabewegung ist schon von F. E. Schulze bei Pelomyxa (17 S. 136) eingehend geschildert worden und will ich daher hier nicht näher darauf eingehen.

Die beiden auf den vorigen Seiten geschilderten Arten der Rotation kommen auch in derselben Kammer vereint vor und nicht nur 2, sondern 5—6 und mehr verschiedene Strömungen können den Weichkörper zugleich durchziehen, so dass ich viele Seiten mit der Schilderung der einzelnen Modificationen ausfüllen könnte. Indessen ist dies zwecklos, da sämmtliche Bewegungsarten auf die beiden beschriebenen zurückzuführen sind. Erwähnen will ich noch, dass die kleinsten Körnchen, welche das Plasma erfüllen, oft Bewegungen ausführen, die von der Plasmaströmung ganz unabhängig sind, so dass ich annehmen muss, dass dieselben eine durch andere Kräfte bedingte Bewegung besitzen. Dass übrigens häufig auch echte Molecularbewegung eine Rolle spielt, kann ich nicht in Abrede stellen.

Die mitgetheilten Beobachtungen wurden mit Hülfe des Winkel'schen Zeichenapparates angestellt. Es wurde zuerst der Umriss des Weichkörpers gezeichnet und dann successive von der Oberfläche bis zur Tiefe

einzelne Vacuolen auf den verschiedensten Seiten der Kammer bei ihrer Bewegung mit der Bleifederspitze verfolgt und ihre Richtung durch einen Pfeil angedeutet, was wegen der Langsamkeit der Strömung sehr leicht geht; die oberflächlichen Vacuolenwege wurden von den tiefen durch verschiedene Farben unterschieden. Wenn so das ganze Bild ausgefüllt war, stellte es ein der Natur möglichst entsprechendes Schema der Strömungsrichtungen dar. In ähnlicher Weise wurde auch die Geschwindigkeit der Ströme gemessen. Man verfolgt eine Vacuole mit dem Bleistift und zählt zugleich die Secundenschläge einer Uhr. Den wirklich durchlaufenen Weg kann man natürlich leicht aus der Länge der Linie berechnen. Die beiden Grenzwerthe der Geschwindigkeit, die ich bei zahlreichen Messungen erhielt, waren 0,3—2,5 $\mu$ in der Secunde. Nehmen wir eine Geschwindigkeit der Plasmaströmung von 2 $\mu$ in der Secunde an und lassen die Strömung nur in einer Richtung erfolgen, so würde das Plasma ungefähr $5^1/_2$ Tage brauchen, um eine Strecke von 1 m zu durchlaufen; diese Rechnung hat nur den Zweck, eine Vorstellung von der Langsamkeit der Plasmaströmung zu geben. In Wirklichkeit bewegen sich die Organismen ja mit Hülfe der Pseudopodien.

In der Foraminiferenlitteratur habe ich keine Angabe über constante Plasmaströmungen gefunden; vielleicht ist die Wanderung des Kerns aus einer Kammer in die folgende, die F. E. Schulze zuerst bei Polystomella (18) beschrieben hat, durch ähnliche Strömungen im Innern der Kammern bedingt. Mir ist es sehr wahrscheinlich geworden, dass bei allen Foraminiferen sich ähnliche langsame Bewegungen im Weichkörper bei genauerer Untersuchung finden werden.

Rotation oder Circulation des Plasmas ist bei Infusorien und Noctiluca schon lange bekannt (cf. 3) aus dem Grunde, weil sie hier bedeutend schneller als in unserm Falle erfolgt und daher sofort den Beobachtern auffiel.

Ueber die Kräfte, welche alle diese Bewegungen hervorbringen, ist nichts Thatsächliches bekannt.

## Die Schale.

Die Schale von Calcituba besitzt nicht ein porcellanartiges Aussehen wie die anderen Milioliden, weil die Wandung zu dünn und kalkarm ist, so dass auch bei auffallendem Licht noch die rothe Farbe des Weichkörpers durchschimmert. Da Poren und regelmässige Sculpturen nicht vorhanden sind, erscheint die Oberfläche der Schale bei Betrachtung mit schwächerer Vergrösserung im Allgemeinen glatt. Auf optischen Durchschnitten sieht man meistens beide Conturen der Wandung als zusammenhängende, glatte, nahezu parallele Linien verlaufen; ein Beweiss, dass die Schale fast überall die gleiche Dicke besitzt. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Einschnürungen an den Kammerscheidewänden und die Mündungen, wo, wie wir schon früher gesehen haben, die Schale allmählich dünner wird.

Bei stärkerer Vergrösserung kann man indessen einige Unregelmässigkeiten auf der Schalenoberfläche entdecken; meistens sind es flache Höcker und Wülste oder kurze erhabene Kalkleisten. Letztere kann man besonders häufig an den die Kammerscheidewände andeutenden Einschnürungen beobachten. Aus der tiefen Ringfalte entspringend, verlaufen sie auf der Schalenoberfläche sich allmählich verschmälernd oder auch knotig angeschwollen, parallel oder wirr durcheinander. An solchen Stellen kann die Schale ein ganz unregelmässig gefaltetes und gerunzeltes Aussehen erhalten. Niemals habe ich aber an der inneren Schalenoberfläche entsprechende Erhabenheiten und Vertiefungen nachweisen können, sondern dieselbe war stets glatt.

Selten findet man auf der äusseren Schalenoberfläche Fremdkörper festgekittet; in den beobachteten Fällen waren es Bacillariaceen und kleine Bruchstücke von Diatomeenpanzern.

Untersucht man Schalenfragmente mit stärkster Vergrösserung (1000—1500), so zeigt sich eine Structur, die im Anschluss an die Beobachtungen über den feineren

Bau des Plasmas unser besonderes Interesse verdient. Bei Einstellung auf die Oberfläche erscheint auf derselben eine äusserst zarte polygonale Felderung oder besser das Bild eines Netzwerks. Die Maschen desselben, die verschiedene Grösse und Gestalt besitzen, erscheinen heller und weniger lichtbrechend als die Fäden. Letztere bestehen aus feinen, in einer Reihe angeordneten Körnchen, die sehr starkes Lichtbrechungsvermögen besitzen und daher als dunkle Pünktchen zu erkennen sind; jedoch sind sie zu klein, um eine bestimmte Gestalt unterscheiden zu lassen. In den Knotenpunkten scheinen dieselben zahlreicher neben einander zu liegen. Das grösste beobachtete Maass der Maschenräume betrug 1,5 $\mu$. — Bei etwas tieferer Einstellung verändert sich das Bild; wo eben noch Maschenräume waren, befinden sich jetzt Knotenpunkte oder kleine mit Körnchen besäte Flächen und so verschieben sich die Maschen bis zur inneren Schalenoberfläche mehrmals. Jedenfalls aber zeigt sich bei jeder beliebigen Einstellung ein Netzbild.

Wenn man eine bestimmte Masche im Auge behält und den Tubus schnell ein wenig auf- und abbewegt; so hat man nicht mehr den Eindruck einer Masche in einem flächenhaft ausgebreiteten Netze, sondern man glaubt einen hellen scharf conturirten Tropfen gesehen zu haben. — Stellt man ganz scharf auf die Oberfläche der Schale ein und bemüht sich, auch mit dem Auge nicht tiefer zu dringen, sondern nur das in einer optischen Ebene Gelegene zu betrachten, was nicht ganz leicht ist, so bemerkt man, dass die Oberfläche mit einer continuirlichen Lage von Körnchen bedeckt ist und dass das Netzbild nur ganz schwach durchschimmert, während es unter der Oberfläche viel deutlicher ist. — Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch auf der inneren Schalenoberfläche.

Wenn man ferner leere Schalen durch einen kurzen, starken Druck auf das Deckglas zertrümmert, so werden die Bruchstücke sehr klein. Es finden sich daher immer einige so gelagert, dass man auf einen Querschnitt der

Schalenwand sieht, und man überzeugt sich leicht, dass auch hier das Netzbild vorhanden ist, mit derselben Maschenweite wie bei der Oberflächenbetrachtung. Die Maschen sind in 4 bis 5 Reihen in der Querrichtung neben einander geordnet. Die beiden äusseren Reihen machen den Eindruck eines regelmässigen Alveolarsaums, so weit sich dies bei der Kleinheit der Maschen und dem starken Lichtbrechungsvermögen der Ränder erkennen lässt. — Aus diesen Beobachtungen scheint mir ohne Zweifel hervorzugehen, dass die Schale aus 4 bis 5 Schichten wabenartig aneinander gelagerter Kästchen besteht, deren Wände mit stark lichtbrechenden Körnchen dicht besetzt sind. Dass nur die letzteren aus kohlensaurem Kalk bestehen, lehrt die Entkalkung der Schale. Lässt man nämlich unter das Deckglas vorsichtig sehr verdünnte Salpetersäure fliessen, so bemerkt man, dass die glänzenden Körnchen allmählich ihr starkes Lichtbrechungsvermögen einbüssen, bis sie schliesslich ganz verschwunden sind; mit ihnen ist dann aber auch das Netzbild ausgelöscht und es ist ein vollständig homogenes, gelbliches Häutchen, die bekannte chitinöse Schalenbasis, zurückgeblieben, die sich durch grosse Resistenz gegen Säuren und Alkalien auszeichnet. Dieselbe besitzt die gleiche Dicke, wie die unentkalkte Schale, jedoch nur bei langsamer, vorsichtiger Entkalkung. Setzt man concentrirte Säuren zu, so erfolgt die Kohlensäureentwicklung mit grosser Intensität, explosionsartig, was sich durch Aufsteigen zahlreicher Gasblasen documentirt und in Folge dessen wird das organische Häutchen zerrissen oder zum mindesten stark geschrumpft und gefaltet, eine Thatsache, die schon Max Schultze bekannt war, der andererseits auch hervorhebt, dass bei vorsichtiger Entkalkung die organische Grundlage der Schale trotz ihrer Durchsichtigkeit alle Poren und Höcker der unverletzten Schale in Gestalt und Grösse genau wiedergiebt.

Nicht überall zeigt sich das Netzbild so regelmässig, wie es oben beschrieben wurde, häufig sind alle Maschen

in einer Richtung in die Länge gezogen und es erhält die Schale an solchen Stellen ein streifiges Aussehen.

An den Unregelmässiskeiten und erhabenen Leisten der Schale, die zu Anfang erwähnt wurden, habe ich eine feinere Structur nicht zu erkennen vermocht, wohl aus dem Grunde, weil diese Gebilde wegen ihrer stark gewölbten Oberfläche das Licht zu stark brechen.

Soweit meine Beobachtungen; vergleichen wir nun die Structur der Schale mit der im vorigen Capitel geschilderten feineren Zusammensetzung des Plasmas, so zeigt es sich, dass die mit chitinöser Substanz erfüllten Kalkwaben der Schale dieselbe Grösse und Gestalt haben, wie die kleinsten Vacuolen des Plasmas. Noch mehr als dies weist der Umstand, dass bei Schale wie Plasma Streifenbilder durch Indielängestrecken von Waben vorkommen, darauf hin, dass ein ursächlicher Zusammenhang zwischen beiden Structuren besteht; welcher Art derselbe aber ist, entzieht sich der Beobachtung. Trotzdem sei es mir gestattet, die Vorstellung, die ich mir von der Bildung der Schale gemacht habe, obwohl sie nur hypothetisch ist, hier darzulegen.

Wir haben gesehen, dass der Weichkörper in seinen feinsten Theilen eine Emulsion von zwei verschieden stark lichtbrechenden, also wohl auch verschieden consistenten Flüssigkeiten darstellt, die im Leben in steter Strömung begriffen ist; nach der Fixirung erscheint sie jedoch als festes Wabenwerk, was darauf beruht, dass wahrscheinlich die Substanz der Vacuolenwände gerinnt. Hiernach stelle ich mir nun vor, dass die oberflächlichen Vacuolen des Plasmas in ihrem Innern feinste Kalkkörnchen ausscheiden, die dann an der Grenze des zäher- und leichterflüssigen Plasmas sich ablägern. Dadurch wird die Verschiebbarkeit der einzelnen Flüssigkeitstropfen gegen einander geringer werden und die Oberfläche des Plasmas wird zum Stillstand kommen; mitunter freilich — bei starker Strömung — unter Verzerrung der Tropfen, woraus dann die streifige Structur der Schale resultirt. Durch den Umstand, dass die ober-

flächlichen Plasmavacuolen nicht mehr circuliren, hört vielleicht die Assimilationsfähigkeit in denselben auf und es ist damit der Anstoss zur Ausscheidung chitinöser Substanz gegeben, die dann den ganzen Raum zwischen den Kalkkörnchen ausfüllt. — Bei dieser Annahme sind, wie ich glaube, die Bauverhältnisse der Schale einigermaassen verständlich. Einen genaueren Einblick in die bei der Schalenbildung sich abspielenden Vorgänge wird man wohl ohne Kenntniss der chemischen Verhältnisse des Plasmas nicht gewinnen können.

Die unregelmässigen Höcker und Kalkleisten, namentlich die an den Einschnürungen der Kammerscheidewände gelegenen, kann man wohl mit ziemlicher Sicherheit als secundäre Auflagerungen von Schalensubstanz auffassen, einmal, weil ihnen keine Sculpturen an der Innenwand entsprechen, und dann, weil wir ja wissen, dass das Plasma von der Mündung aus sich häufig über die Schale nach rückwärts verbreitet.

Bei Foraminiferen findet sich eine polygonale Felderung der Schale noch bei einigen Lageniden, die Dreyer (6, S. 396) auch auf die secretorische Thätigkeit einer Vacuolenschicht des Plasmas zurückführt. Sonst ist mir in der Litteratur nichts Aehnliches bekannt geworden; indessen ist es fraglich, ob überhaupt schon die feinere Structur der Schale mit sehr starken Vergrösserungen in vielen Fällen studirt ist.

Nicht unerwähnt will ich lassen, dass bei anderen Protozoen Cuticularbildungen beschrieben worden sind, die eine ähnliche wabige Structur, wie die Calcitubaschale besitzen; ich erinnere nur an die Pellicula der Infusorien, die in zahlreichen Fällen einen alveolären Bau zeigt (3, S. 1258—1270); vielleicht ist auch die Felderung der Cuticula von Leptodiscus medusoides, die Hertwig (9) beschreibt, und die mosaikartige Zeichnung der Peridineenpanzerplatten auf die secretorische Thätigkeit eines vacuolären Plasmas zurückzuführen.

## Die Kerne.

Schon v. Roboz hat einige Mittheilungen über die Kernverhältnisse der Calcituba gemacht. Er konnte in den einzelnen Kammern 4 oder 6 bis 8 Kerne constatiren; einkammerige Exemplare sollen nach ihm stets einkernig sein. Die Kerne selbst fand er immer nach dem bläschenförmigen Typus gebaut, das heisst mit Membran und einem deutlichen Kernkörperchen. So einfache Verhältnisse habe ich nun nicht finden können, wie im Folgenden ausführlich dargelegt werden soll.

Schon im Leben sind die Kerne der Calcituba als helle, scharf conturirte Bläschen im rothen Plasma zu erkennen, am deutlichsten bei flach ausgebreiteten Plasmodien, in denen man mit schwacher Vergrösserung häufig 50 und mehr Kerne zählen kann. Doch ist es unmöglich, eine feinere Structur an denselben wahrzunehmen, ohne das Thier zu verletzen. Das Plasma ist ja mit Farbstoffen meist so erfüllt, dass diese schon ein genaueres Beobachten der Kerne unmöglich machen; ausserdem ändern die letzteren fortwährend ihre Lage, da sie, wie wir gesehen haben, mit den Strömungen des Plasmas hin- und hergetragen werden, weshalb es unmöglich ist, bei stärkerer Vergrösserung einen bestimmten Kern längere Zeit zu verfolgen.

Beim Zerdrücken von Kammern gelingt es bisweilen einzelne Kerne zu isoliren und vermag man dann eine undeutliche Structur an ihnen zu erkennen; meistens sind es dunklere Granulationen im Innern oder auch die Spuren eines Gerüstwerks, das optisch als Netzbild erscheint; indessen sind, wie gesagt, diese Structuren nie deutlich ausgeprägt. Etwas schärfer treten dieselben zwar bei Essigsäurezusatz hervor, doch dauert dieser Process nur kurze Zeit, da sich die Kerne sehr schnell auflösen.

Von einem genauen Studium der lebenden Kerne musste ich demnach absehen und mich auf conservirtes Material beschränken.

Die nachfolgenden Beobachtungen sind an Exemplaren, die mit Sublimatalkohol fixirt und mit Boraxcarmin resp. Hämatoxylin gefärbt waren, gemacht worden. Es wurde stets eine grössere Anzahl von Individuen zugleich fixirt und gefärbt, um ein möglichst gleichartig behandeltes Material zu erhalten. Alle an Totalpräparaten erhaltenen Resultate wurden an Schnittserien controlirt.

Zunächst ist zu bemerken, dass sich bezüglich der Zahl und Grösse der in den einzelnen Kammern gelegenen Kerne kein gesetzmässiges Verhalten auffinden lässt. Erstens findet man Kammern, in welchen ein einziger, ziemlich ansehnlicher Kern liegt (20—30 $\mu$ Durchmesser); dann solche, die wenige (5—6) Kerne von ähnlicher Grösse, oder auch wenige Kerne von mittlerer Grösse (15—20 $\mu$) und eine grössere Anzahl von ganz kleinen (3—5 $\mu$) Kernen enthalten. Schliesslich kann eine grosse Zahl kleiner Kerne ziemlich gleichmässig durch das Plasma vertheilt sein. So habe ich in einer kleinen Kammer auf einer Schnittserie über 500 Kerne gezählt.

Die Grösse der Kammern steht in keinem bestimmten Verhältniss zur Anzahl der Kerne; ich habe grosse Kammern mit wenigen und ganz kleine Kammern mit sehr vielen Kernen gefunden und umgekehrt. Ebenso wechselnd wie bei den ausgebildeten Thieren ist die Zahl der Kerne bei den Plasmodien. Man findet ein-, wenig- und mehrkernige Formen, selbst wenn die Fixirung sofort nach der Auswanderuug des Plasmas aus der Kammer erfolgte, woraus folgt, dass bei den vielkernigen Plasmodien eine nachträgliche Vermehrung der Kerne nicht angenommen werden kann. Diese Variabilität der Kernverhältnisse bei den Plasmodien macht nun die Vorstellung, dass der Kern bei der Theilung des Plasmas innerhalb der Kammer als Attractionscentrum fungirt, unmöglich; umsomehr, als auch hier die Zahl der Kerne unabhängig von der Grösse der Plasmodien, das heisst der Masse des abgeschnürten Plasmas ist.

Die geschilderten Verhältnisse der Kerne finden sich in gleicher Weise bei Kammern von sternförmigen Individuen, bei solchen die kranzförmig radiär angeordnet auf dem Algenfilz sassen und bei den abgebrochenen Stücken, die, auf dem Boden des Gefässes liegend, ihre Kammermündungen verschlossen hatten.

Die einzige Gesetzmässigkeit, die vorzuliegen scheint, besteht darin, dass die Kerne, wenn sie einzeln oder in geringer Anzahl in den Kammern vorkommen, grösser sind, als wenn sie in grosser Zahl vorhanden sind.

Obwohl ich eine grosse Menge von Kammern untersucht habe, konnte ich niemals auch nur die Andeutung einer Kernvermehrung durch Zweitheilung wahrnehmen; trotz eifrigen Suchens habe ich nicht ein einziges Mal eingeschnürte, hantelförmige Kernstadien gefunden. Dies führte mich auf den Gedanken, dass eine andere Art der Kernvermehrung vorliegen könne, was sich bei der Untersuchung mit starken Vergrösserungen nach langen, vergeblichen Mühen auch schliesslich herausstellte. Im Folgenden gebe ich in Kürze eine Darstellung der hierauf bezüglichen Beobachtungen, indem ich eine genauere Erörterung dieser Verhältnisse und einen Vergleich derselben mit den Kernvermehrungsarten anderer Protozoen und der Metazoen auf eine spätere Arbeit verschiebe, in der die Kernverhältnisse aller untersuchten Foraminiferen im Zusammenhang behandelt werden sollen.

Bei starker Vergrösserung zeigt es sich, dass die einzelnen Kerne sehr verschiedenen Bau besitzen und lässt sich auf den ersten Blick ein genetischer Zusammenhang aller dieser Stadien nicht erkennen. Da es nun unmöglich ist, die Structurveränderungen der Kerne im lebenden Organismus zu verfolgen und andererseits angenommen werden muss, dass alle Kerne dieselben Entwicklungsstadien durchlaufen, weil bei verschiedenen Individuen sich gleich structurirte Stadien finden, so muss man zwischen den einzelnen differenten Stadien Uebergangsformen zu finden suchen, um eine einheitliche Entwicklungsreihe der Kerne aufstellen zu können.

Dies wird wesentlich dadurch erleichtert, dass in den einzelnen Kammern sich häufig Kerne zusammen vorfinden, die nur durch geringe Structurdifferenzen unterschieden sind, während diese letzteren trotzdem genügen, um eine Beziehung zu anderen Kernstadien herzustellen. Das Unsichere und Subjective, das derartige Schlussfolgerungen naturgemäss haben, bin ich bemüht gewesen, durch Variiren der Untersuchung und häufige Wiederholung derselben an zahlreichem Material nach Möglichkeit zu eliminiren. Auf diese Weise wurde die im Folgenden zu schildernde Entwicklungsreihe der Kerne gewonnen.

In allen Stadien findet sich in den Kernen eine Substanz, welche sich mit den Kernfärbungsmitteln intensiv färbt, — das Chromatin —, Kernsaft ist nicht in allen Fällen zu constatiren. In gewissen Stadien findet man ausser Chromatin und Kernsaft noch ein Gerüstwerk, welches aus ungefärbt bleibender, aber stärker als der Kernsaft das Licht brechender Substanz — Linin — besteht.

I. Stadium: Homogene, sich intensiv färbende, membranlose Kerne von grosser Gestaltsveränderlichkeit, Grösse 2—10 $\mu$.

Dieses Stadium findet sich sehr häufig in den Kammern aller Individuen; ungefähr 30 % aller untersuchter Kerne zeigte den angedeuteten Bau. Weil die kleinsten Kerne sich auf diesem Stadium befinden, habe ich es als Ausgangspunkt der Beschreibung gewählt. Von einer Membran ist bei stärkster Vergrösserung nichts wahrzunehmen, sondern der Kern stellt einen intensiv und ganz gleichmässig gefärbten Körper dar, an dem keinerlei Structur wahrzunehmen ist. Im einfachsten Falle sind derartige Kerne kugelig, doch findet man sie selten in so regelmässiger Form; meistens zeigen sie an ihrer Oberfläche spitz auslaufende Fortsätze, die mit rundlichen Einbuchtungen abwechseln. Die grosse Aehnlichkeit dieser Bilder mit den, amöboide Fortsätze aussendenden Zellkernen der Metazoengewebe, wie sie Korschelt (10)

in seiner bekannten Abhandlung „Ueber die Morphologie und Physiologie des Zellkerns“ abbildet und beschreibt, veranlassten mich, zu untersuchen, ob auch in unserm Falle sich vielleicht ähnliche Beziehungen des Kerns zum Plasma, wie sie Korschelt erwiesen hat, auffinden liessen. An gut gefärbten Schnitten überzeugt man sich leicht, dass in jeder Ausbuchtung des Kerns eine sie genau ausfüllende Vacuole des Plasmas liegt; es macht den Eindruck, als ob die rundlichen Vacuolen in die Kernsubstanz hineingedrückt wären. Oft kann man an demselben Kern sämmtliche Grade der Ausbuchtung beobachten; an der einen Stelle liegt eine Vacuole der Kernoberfläche so dicht auf, dass sie schon einen flachen Eindruck hervorbringt, eine andere ist zur Hälfte in den Kern hineingerückt und schliesslich findet man solche, die schon ringsum von gefärbter Kernsubstanz umgeben sind und thatsächlich innerhalb des Kerns liegen. Diese Beobachtungen habe ich so häufig und in den feinsten Abstufungen gemacht, dass eine Täuschung ausgeschlossen ist, ebensowenig können es Kunstproducte sein, da sich dieselben Bilder bei verschiedenster Behandlungsweise wiederfinden. Ob die Vacuolen des Plasmas durch amöboide Bewegungen des Kerns in denselben hineingezogen werden, oder ob dieselben nur durch die Plasmaströmung in die Kernsubstanz hineingedrückt sind, vermag ich nicht zu entscheiden. Jedenfalls ist durch diese Beobachtungen die Möglichkeit erwiesen, dass Bestandtheile des Plasmas in den Kern aufgenommen werden, ein Verhalten, das auch Korschelt (10 S. 114) für nicht unwahrscheinlich hält.

Brandt (2) bildet bei Sphaerozoum punctatum ähnliche homogene, membranlose Kerne ab, die durch Plasmavacuolen tief eingebuchtet sind, indesssen scheint er die etwaigen Beziehungen der Vacuolen zu den Kernen nicht weiter verfolgt zu haben.

Unter den eben geschilderten Kernen findet man auch solche, die im Innern schon mehrere Vacuolen enthalten, an der einen Seite aber noch Fortsätze zeigen,

während die andere vollständig glatt ist, und schliesslich solche, die Vacuolen enthalten, aber schon ringsum eine glatte Oberfläche zeigen. Die Gestalt der letzteren ist verschieden, kugelig, oval oder häufig scheibenförmig.

Es lassen sich demnach sämmtliche Uebergänge von homogenen glattrandigen, durch ausgebuchtete vacuolenlose, ausgebuchtete vacuolenhaltige bis zu vacuolenhaltigen glattrandigen Kernen auffinden. Bei letzteren glaubt man bisweilen schon eine optisch differente Oberflächenschicht — Membran? — zu erkennen; jedenfalls verlaufen die Conturen derartiger Kerne sehr glatt und scharf abgesetzt gegen das Plasma. Während in den Anfangsstadien der Ausbuchtung die Kernsubstanz einen durchaus gleichartigen Eindruck macht, zeigen die Kerne, welche Vacuolen enthalten, häufig nicht mehr einen ganz homogenen Charakter; vielmehr kann man an einzelnen Stellen eine äusserst feine Körnelung bemerken. Diese Thatsache ist vielleicht darauf zurückzuführen, dass die mit den Vacuolen aufgenommene Flüssigkeit zwischen die vorher dicht aneinander gelagerten Chromatinpartikel eingedrungen ist und so die ganze Chromatinmasse aufgelockert hat. Indessen ist dies nur eine Annahme, während es feststeht, dass, je mehr Vacuolen sich im Kern befinden, desto deutlicher die Körnelung ist.

Die Abrundung der Kernoberfläche, die Ausbildung einer optisch differenten Oberflächenschicht, die Vacuolisirung des Kerninnern und die damit Hand in Hand gehende deutlichere Körnelung führen durch ganz allmähliche Uebergänge, die schon kurz angedeutet wurden, zu einem zweiten Kerntypus, der sich kurz folgendermaassen charakterisiren lässt:

II. Stadium: Kerne mit einem vacuolären (optisch als Netzwerk erscheinend) Gerüstwerk, welches stärker lichtbrechend ist, als der Kernsaft; in dem ersteren sind feine Chromatinkörnchen suspendirt; zarte Kernmembran vorhanden.

Diese Stadien habe ich ebenso häufig, wie die vorigen

gefunden, sie sind durchschnittlich etwas grösser (5 bis 17 $\mu$). Die hauptsächlichsten Structurveränderungen, die von der ersten Kernform zu dieser überleiten, sind schon erwähnt. Den überzeugendsten Beweis für den Zusammenhang beider Stadien bilden aber Kerne, bei welchen die eine Seite noch vollkommen homogen ist, während die andere schon den oben charakterisirten Bau zeigt; in der Mitte gehen beide Structuren ohne scharfe Grenze in einander über; das Netzbild wird nach der homogenen Hälfte zu immer engmaschiger und undeutlicher, bis nur noch eine feine Körnelung und zuletzt auch diese nicht mehr zu erkennen ist. Zwischen diesem Kern und dem typischen zweiten Kernstadium vermitteln Formen, bei welchen nur ein kleiner Theil von feinkörnigem, dicht gelagerten Chromatin erfüllt ist, während der übrige Inhalt schon das Gerüstwerk zeigt. Mit allen diesen Uebergangsstadien wird auch successive die Membran deutlicher.

Ich glaube, dass die mitgetheilten Beobachtungen genügen, um folgende Vorstellung einigermaassen plausibel erscheinen zu lassen: In unserm Ausgangsstadium ist der Kern vollständig homogen, das Chromatin verdeckt die Gerüstsubstanz, das Linin, so vollständig, d. h. es ist so fein darin vertheilt, dass die beiden Substanzen optisch nicht unterscheidbar sind. Nun wird Flüssigkeit mit den Vacuolen in die Kernsubstanz aufgenommen und diese vertheilt sich in derselben zunächst so fein, dass eine gleichmässige Auflockerung des Chromatins erfolgt, es werden Körnchen unterscheidbar. Dann aber sammelt sich die Flüssigkeit wieder in gleichmässiger Weise in Form feinster Tröpfchen in dem Träger des Chromatins, dem Linin an und vacuolisirt daher die ganze Kernmasse.

In dem die Flüssigkeitstropfen trennenden Linin, das sich als solches durch sein etwas stärkeres Lichtbrechungsvermögen documentirt, sind die Chromatinkörnchen suspendirt.

Dass das erwähnte Kerngerüst vacuolärer und nicht spongiöser Natur ist, lässt sich bei der Kleinheit dieser

Bildungen natürlich nicht mit Sicherheit entscheiden, weil ja beide Structuren optisch das Bild eines Netzwerks ergeben; indessen spricht die mitgetheilte Herleitung dieser Stadien von den homogenen Kernen durch Aufnahme von Plasmavacuolen zweifellos mehr für eine vacuoläre Structur. — Von besonderem Interesse ist der Umstand, dass die oberflächlichen, an die Membran anstossenden Vacuolen des Kerns meistens radiär zum Centrum des Kerns angeordnet sind und daher im optischen Durchschnitt das Bild eines regelmässigen Alveolarsaums ergeben.

Der Reichthum des Kerns an Chromatinkörnchen ist sehr verschieden; je weniger dicht dieselben liegen, desto deutlicher ist das Kerngerüst zu erkennen. Andererseits kann es aber vorkommen, dass bei sehr starker Zunahme des Chromatins dasselbe einen Theil des Liningerüsts vollkommen verdeckt; man bemerkt dann im Centrum oder an die Membran angelegt eine grobkörnige, sich stark färbende Masse, die ziemlich scharf von dem vacuolären Theil des Kerns abgegrenzt sein kann und daher das Bild eines Nucleolus vortäuscht. Derartige Kerne leiten nun zum nächstfolgenden Stadium über.

III. Stadium: Kerne, in welchen das Chromatin zu einem unregelmässigen Klumpen verdichtet ist, welcher im Centrum oder an einer Seite der Membran angeheftet liegt; von demselben gehen radiär nach allen Richtungen Lininfäden aus, die, den Kernraum durchsetzend, sich an die Membran anheften.

Den directen Uebergang vom vorigen Stadium bilden Kerne, in welchen das Chromatin so dicht gelagert ist, dass es den ganzen Kernraum erfüllt, bis auf die oberflächliche Vacuolenlage, die, wie vorhin erwähnt, im optischen Durchschnitt das Bild eines regelmässigen Alveolarsaums hervorbringt; diese Schicht ist von Chromatin frei. Da, wie schon bemerkt, es sich nicht entscheiden lässt, ob dies Bild eines Alveolarsaums durch regelmässig angeordnete Vacuolen oder durch ein fädiges

Gerüstwerk bedingt ist, lässt sich über die Entstehung der auf diesem Stadium zweifellos fädigen Lininstructur auch nichts Bestimmtes aussagen. Bei unserer Annahme eines vacuolären Baus, lässt sich die Entstehung der Lininfäden nur so erklären, dass die zwischen drei benachbarten Vacuolen gelegenen Scheidewände so resorbirt werden, dass nur ein in der Mitte gelegener Faden oder Balken übrig bleibt. Indessen muss dies dahingestellt bleiben. Jedenfalls führen ganz allmähliche Uebergänge von dem eben geschilderten Kern zu den typischen Kernen des III. Stadiums in der Weise, dass das Chromatin immer mehr centralisirt oder localisirt wird und zuletzt im peripheren Theil nur noch Kernsaft und radiär vom Chromatin zur Membran verlaufende chromatinlose Lininfäden übrig bleiben.

Nun beginnt der umgekehrte Process, nämlich die Theilung der centralisirten Chromatinmasse und die Auseinanderlagerung an die Peripherie des Kerns, d. h. an die Membran. Von der localisirten Chromatinmasse begeben sich Körnchen auf den durch die Lininfäden gebildeten Bahnen nach der Membran und sammeln sich hier an den Anheftungsstellen der Lininfäden, mit einander verschmelzend, zu kugeligen Körpern an; auf diese Weise wird das centrale Chromatin immer geringer, während die peripheren nucleolenähnlichen Körper grösser werden, bis schliesslich alles Chromatin regelmässig getheilt und an die Membran verlagert ist. Der eben geschilderte Vorgang ist von einer lückenlosen Reihe von Uebergangsstadien abstrahirt und er führt zum

IV. Stadium: Kerne, in denen das Chromatin in Form homogener, compacter Kugeln von verschiedener Grösse (1—5 $\mu$) und Zahl (20—100 und mehr) der Membran anliegt; während die centrale Partie nur von farblosem, structurlosem Kernsaft erfüllt ist. Auf diesem Stadium sind die grössten Kerne zu finden (10—35 $\mu$).

Die Vermittlung zwischen diesem und dem vorigen Stadium bilden Kerne, welche im Innern noch einen

grösseren Chromatinklumpen von unregelmässiger Gestalt enthalten, während in die von ihm ausstrahlenden Lininfäden schon Chromatinkörnchen eingelagert sind und an den Anheftungsstellen der Fäden an die Kernmembran sich schon kugelige Anhäufungen von Chromatin befinden.

Die grosse Aehnlichkeit, welche die an der Membran liegenden Chromatinkugeln des IV. Stadiums mit den kleinsten frei im Plasma liegenden Kernen, von welchen wir bei unsern Betrachtungen ausgingen, in Grösse und Gestalt zeigen, lässt auf einen Zusammenhang dieser beiden Stadien schliessen. Und in der That zeigte es sich, dass die Kerne des ersten Stadiums aus denen des vierten durch Zerfall der letzteren entstehen. Die überzeugendsten Bilder liefern Kerne, bei denen die eine Hälfte noch vollständig normal erscheint, d. h. die Chromatinkugeln liegen in regelmässiger Weise an der Oberfläche einer von structurlosem Inhalt erfüllten Höhle des Plasmas, die sich scharf gegen das Plasma absetzt, obwohl von einer doppelt construirten Membran nichts mehr zu bemerken. Die andere Hälfte zeigt nicht mehr die Abgrenzung gegen das Plasma, vielmehr ist hier das Vacuolenwerk des letzteren in den Kern eingedrungen und geht ganz allmählich in den farblosen Kernsaft der andern Hälfte über; die Chromatinkugeln liegen schon unregelmässig zerstreut zwischen den Vacuolen des Plasmas. Derartige Erscheinungen habe ich so oft beobachtet, dass ein Zweifel an der normalen Natur dieser Art der Kernvermehrung ausgeschlossen ist. Nach den mitgetheilten Beobachtungen kann man nur annehmen, dass der Zerfall der Kerne durch die Auflösung der Membran herbeigeführt wird.

Eine ähnliche Art der Kernvermehrung ist meines Wissens im ganzen Thierreich bisher noch nicht beobachtet, wenn man die noch fraglichen Beobachtungen Hertwig's (25) über die Kerntheilung bei gewissen Radiolarien nicht vielleicht in ähnlicher Weise deuten will. Wie schon früher bemerkt, verschiebe ich aber

jede Vergleichung der geschilderten Verhältnisse mit den bekannten Beobachtungen bei anderen Organismen auf eine spätere Gesammtdarstellung der Kernverhältnisse aller von mir untersuchten Foraminiferen. Nur so viel sei zum Schluss erwähnt, dass ich bei allen bisher untersuchten Foraminiferen eine in den wichtigsten Punkten mit Calcituba übereinstimmende Art der Kernveränderung und Vermehrung gefunden habe.

# Litteratur.


1. Brady, Henry B.: Report on the Foraminifera etc. London 1884.
2. Brandt, Karl: Die koloniebildenden Radiolarien des Golfs von Neapel. Berlin 1885.
3. Buetschli, O.: „Protozoa" in Bronn „Klassen und Ordnungen des Thierreichs" 1880.
4. Idem: Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892.
5. Cienkowsky: Ueber einige Rhizopoden und verwandte Organismen. Arch. f. mikr. Anat. 26. 1879.
6. Dreyer: Die Principien der Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien etc. Jen. Zeitschr. f. Naturw. 36. 1892.
7. Entz, Géza: Studien über Protisten. Budapest 1888.
8. Hansen, Ad.: Der Chlorophyllfarbstoff. Arb. d. bot. Instit. in Würzburg III. Heft 1.
9. Hertwig, R.: a) „Ueber Leptodiscus medusoides". Jen. Zeitschr. f. Naturw. 11. 1879.
   Idem: b) Der Organismus der Radiolarien. Jena 1879.
10. Korschelt, E.: Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkerns. Zool. Jahrbücher IV. Heft 1. 1889.
11. von Roboz, Z.: Calcituba polymorpha n. g. n. sp. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. I. Abth. Juli-Heft 1883.
12. Sachs, J.: Vorlesungen über Pflanzenphysiologie 1890.
13. Schaudinn, F.: Myxotheca arenilega n. g. n. sp. Zeitschr. f. w. Zoologie LVII. Heft 1. 1893.
14. Schultze, Max: Der Organismus der Polythalamien. Leipzig 1854.
15. Idem: Die Gattung Cornuspira unter den Monothalamien etc. Arch. f. Naturgesch. 26. Jahrg. I. Bd. 1860.
16. Idem: Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. Leipzig 1863.
17. Schulze, F. E.: Rhizopoden-Studien III. Arch. f. mikr. Anat. XI. 1875.
18. Idem: Rhizopoden-Studien VI. Arch. f. mikr. Anat. XIII. 1876.
19. Stein, Fr.: Der Organismus der Infusionsthiere nach eigenen Forschungen etc. Leipzig 1859.

# Thesen.

I.

Die systematische Stellung des Balanoglossus lässt sich zur Zeit nicht mit Sicherheit bestimmen.

II.

Eine Erklärung der Lebenserscheinungen des Protoplasmas ist ohne Kenntniss seiner chemischen Zusammensetzung nicht möglich.

III.

Die Eintheilung der Rhizopoden auf Grund der Schalenmorphologie ist keine natürliche.

# Vita.

Natus sum Fridericus Richardus Schaudinn in praedio Borussiae orientalis Roeseningken die XIX mensis Septembris anni huius saeculi LXXI patre Friderico, cuius mortem pio animo lugeo, matre Elisa, qua superstite gaudeo.

Fidei addictus sum evangelicae.

Primum gymnasium Insterburgense, tum Fridericianum Gumbinnae frequentavi; anno MDCCCLXXXX maturitatis testimonium adeptus, numero civium huius universitatis sum adscriptus.

Docuerunt me praeceptores illustrissimi:

du Bois-Reymond, Dames, Dilthey, Engler, Heider, Jaekel, Korschelt, de Martens, Moebius, Munk, Pax, Pinner, Preyer, Rabl-Rückhard, E. Schmidt, F. E. Schulze, Schwendener, Seliger, Simmel, de Treitschke, H. Virchow, Waldeyer.

Quibus omnibus viris gratias ago quam maximas, imprimis vero viro clarissimo F. E. Schulze.